

S U C C E S S I O N

Landskapsarkitekten & fytoemedieringen

Mia Falk och Johanna Ronnheden

Examensarbete vid institutionen för stad och land Sveriges lantbruksuniversitet Uppsala 2010



Sveriges lantbruksuniversitet
Fakulteten för naturresurser och lantbruksvetenskap, institutionen för stad och land
Examensarbete för yrkesexamen på landskapsarkitektprogrammet 2010
EX0533 Självständigt arbete i landskapsarkitektur, 30 hp
Nivå: Avancerad E
© Mia Falk & Johanna Ronnheden, e-post: falk.mia@spray.se, johanna@kvack.nu
Titel på svenska: Succession; Landskapsarkitekten och fytoremedieringen
Title in English: Succession; the landscape architect and phytoremediation
Handledare: Sofia Sandqvist, institutionen för stad och land
Examinator: Tom Ericsson, institutionen för stad och land
Biträdande examinator: Sofia Eskilsson, White Uppsala.
Foto: Mia Falk och Johanna Ronnheden om inget annat anges.
Utgivningsort: Uppsala
Nyckelord: Fytoremediering, gestaltning, brownfield planning.
Online publication of this work: <http://epsilon.slu.se>

Förord

Under ett fördjupningsarbete i markvetenskap fattade vi intresse för ämnet fytoremediering. En teknik som vid första mötet kanske låter lite för bra för att vara sann. Solrosor som tar upp bly, salix som kan rensa upp en rad föroreningar som människan lämnat som spår efter industriverksamhet.

Efter att ha ägnat ett halvår åt fytoremediering har vi även fått möta dess svårigheter, men vi har hopp om att det är en metod som har ljusa framtidsutsikter och ligger rätt i tiden då hållbar utveckling präglar vår tids stadsplanerande.

Vi är tacksamma för att under arbetets gång ha fått kontakt med så många kunniga och tillmötesgående personer som hjälpt och uppmuntrat oss på olika sätt. Tack till vår handledare Sofia Sandqvist!

Mia Falk och Johanna Ronnheden

Innehållsförteckning

Introduktion

Sammanfattning, abstract	6
Syfte	7
Problemformulering	7
Avgränsning	7
Metod	7
Målgrupp	7



Förorenad mark

Förorenade områden inför exploatering	9
Förorenade områden i planeringsprocessen	10
Miljögifter och förorenade områden	11
Efterbehandlingsmetoder	12
Sveriges miljöpolitik	13
Sammanfattning	14



Fytoremediering

Fytoremediering som metod	17
Fytoextraktion	19
Fytodegradering	20
Fytostabilisering	21
Fytoavdunstning	22
Täckningssystem	23
Utökad rhizodegradering	24
Rhizofiltrering	25
Hydraulisk kontroll	26
Hur planerar man för fytoremediering?	27
Växtval	29
En utblick i världen	31
Landskapsarkitekter och fytoremediering	32
Sammanfattning	33



Brownfield planning

Gestaltningssideal och principer för industriella landskap	34
Gestaltning och fytoremediering	36
Sammanfattning	38

Innehållsförteckning



Inventering och analys

Introduktion	41
Läge	42
Platsens historia	44
Exploateringsplaner	47
Gällande planer	47
Föroreningssituationen	47
Analyskartor	49
Slutsatser av inventering och analys	53
Sammanfattning	54

Gestaltungsförslag

Gestaltungsförslag Succession	57
Generella riktlinjer för de tre stadierna	59
Osäkerheter och antaganden	60
Växtval	61
Gestaltungsförslag stadie 1	62
Gestaltungsförslag stadie 2	64
Gestaltungsförslag stadie 3	66

Diskussion och reflektion

Diskussion	70
Slutligen	74
Referenser	75
Bilaga ett	78

Sammanfattning

Fytoremediering kallas metoden som utnyttjar växters naturliga förmåga att ta ta upp, omvandla eller stabilisera ämnen för att sanera föroreningar. Det är en mycket miljövänlig metod som endast bygger på naturliga processer. Idag nyexploateras i hög grad hamn- och industriområden, vilka ofta kräver stora saneringsinsatser. Dessa ligger ofta i stadsnära lägen där det generellt finns ett behov av grönytor. Till detta hör att parkmark sällan anläggs på förorenad mark, då det inte bär samma möjlighet till lönsamhet som annan exploatering. Fytoremediering är en långsam saneringsmetod och förbises därför ofta som ett alternativ då det krävs snabba lösningar inför exploatering, men i jämförelse med andra saneringsmetoder har fytoremediering en mängd fördelar. En aspekt som gör metoden högst intressant för oss i vår yrkesroll är möjligheten att under saneringens gång kunna skapa betydelsefulla gröna ytor av tidigare otillgängliga områden. Tidsaspekten vänds från något negativt till positivt genom att skapa estetiskt tilltalande, intressanta och rekreativa uterum. Med metoden väcks ett antal frågor som berör återtagande av industriella områden.

Vi har tillämpat vår nya kunskap om fytoremediering i ett gestaltungsförslag för en plats med problematisk föroreningssituation. Det gamla gasverksområdet i Stockholm är högst intressant ur exploateringssynpunkt och kommer att inom kort bli en del av den nya stadsdelen Norra Djurgårdsstaden. Området har redan givits en stark miljöprofil, vilket väckte vårt intresse för att utarbeta ett förslag för hur området kunde ha sanerats på ett sätt som skulle passa intentionerna om en hållbar stadsutveckling. Succession är tänkt att fungera som ett inspirerande exempel för hur man kan arbeta med liknande områden i fortsättningen.

Abstract

Phytoremediation is a method that relies on plants innate ability to absorb, transform or stabilise contamination. It is an environmentally friendly method that sadly has not yet won ground in Sweden. Brownfield planning is the redevelopment of former industrial areas, a common phenomenon in today's urban planning. These areas often have issues of contamination and are often in the proximity of a city, where there generally is a need for parks and green areas. Parks however don't bare the same possibility to profit the way other exploitation does, and are therefore seldom founded on these sort of sites. Because phytoremediation is a slow process, it is often neglected as remediation, as there is a need for quick solutions. Phytoremediation holds a series of advantages in comparison to other remediation methods. What makes it of high interest for us as landscape architects is the opportunity to transform unavailable spaces into available, green areas. The time aspect can be turned into an advantage through the making of esthetically pleasing, interesting and recreational areas. The use of phytoremediation gives rise to a series of questions regarding the re-use of industrial places holding a history.

We have made a design for the former gas works in Stockholm. This is an area with a complicated contamination situation, and is of high interest in the perspective of urban planning. The area is under exploitation and have already been given a strong environmental profile. This made us curious of how the remediation could have been conducted to better fit the intention of sustainable urban planning. Our design Succession is intended to make an inspiring example for how to handle this sort of areas.

Syfte

Syftet är att inom ramen för ett examensarbete kunna visa i ett projekt hur man kan tillämpa fytoremediering för att sanera förorenad mark, och därmed se om och hur metoden kan genomföras i verkligheten. Målet med arbetet är att lära oss mer om fytoremediering i förhållande till vår yrkesroll. Vi vill tillämpa metoden i ett gestaltungs-förslag för en existerande förorenad yta, med avsikten att både sanera och tillgängliggöra den. Det kan innebära en tillfällig gestaltning inför exploatering, eller en mer långsiktig utformning där man värderar grönytan i sig. Målet med arbetet är att det ska fungera som inspiration och vägledning för hur man kan arbeta med andra förorenade områden i framtiden.

Problemformulering

Hur kan vi som landskapsarkitekter arbeta med fytoremediering som en del i gestaltungsprocessen och planerings-processen?

Hur kan man skapa ett tillgängligt och intressant offentligt uterum med hjälp av växtmaterialet som används vid fytoremediering?

Avgränsning

Vi ser på fytoremediering som metod ur landskapsarkitekters synvinkel och går inte in på en djupare detaljeringsgrad när det gäller kemiska processer och liknande. Fokus ligger på att tillämpa metoden inom landskapsarkitektur. Arbetet kommer att utföras med en speciell plats i åtanke och tillämpandet av metoden kommer därför att vara platsspecifikt.

Metod

Arbetet består av sex delar. De första tre utgörs av litteraturstudier som behandlar förorenad mark, fytoremediering som saneringsmetod och gestaltning av tidigare industrimark. Del fyra utgörs av analys av den aktuella platsen och del fem innehåller gestaltungs-förslag. Där har vi tillämpat våra kunskaper i en gestaltning av en befintlig plats med markföroreningar, det gamla gasverksområdet i Hjorthagen, Stockholm. Den sista delen består av diskussion och reflektion.

Arbetet med att hitta ett befintligt objekt till projektet påbörjades innan kursstarten och visade sig vara komplicerat. Vi kontaktade företag med inriktning på både landskapsarkitektur och miljö, samt närliggande kommuner. Trots ett positivt och intresserat bemötande så hittade vi inget lämpligt projekt. Platssökandet pågick en längre tid parallellt med litteraturstudierna, och vi hann med att byta område innan vi landade i Hjorthagen som visade sig vara intressant ur många av de aspekter som vi berör i arbetet. Till en början låg fokus på att söka information om fytoremediering som är ett nytt ämne för oss. Det gjordes via litteraturstudier, internetsök och en rad intervjuer och möten. För att sätta fytoremediering i dess sammanhang så bestod litteraturstudien även av att söka och sammanställa information om hur situationen ser ut idag i Sverige med förorenad mark och brownfield planning. Eftersom vi skulle utföra ett gestaltungs-förslag så ansåg vi det vara viktigt att i litteraturstudien även behandla de frågor som måste tas hänsyn till vid gestaltning av så kallade brownfields, gällande hanteringen av en plats historia och hur man väljer att förhålla sig till den. I gestaltungs-skedet prövades litteraturstudien och kopplades till verkligheten. Gestaltungs-förslaget är rent teoretiskt, saneringsarbetet har redan påbörjats i Hjorthagen.

Författarna Mia Falk och Johanna Ronnheden delar ansvaret för samtliga delar då de har utarbetats gemensamt.

Målgrupp

Målgruppen är landskapsarkitekter och andra yrkeskategorier som i sin yrkesroll kommer i kontakt med sanering av förorenad mark. Vi riktar oss till alla som arbetar med eller intresserar sig för stadsplanering och gestaltning, med en förhoppning om att kunna visa på användningsområden för fytoremediering. Eftersom målet är att ta teori till verklighet är även vår ambition att bearbeta forskningsresultat och teoretiska begrepp så att den teoretiska delen blir lättillgänglig även om man inte är väl insatt och uppdaterad inom markkemiska och markfysikaliska begrepp. Vi riktar oss även till en intresserad allmänhet för att sprida kunskap om att den här tekniken finns.



Ett problem vid efterbehandling av förorenade områden är att frågan ofta kommer in sent i planeringsprocessen. Det kräver snabba beslut och leder i många fall till höga kostnader och metoder som är påfrestande för miljön.

Förorenade områden inför exploatering

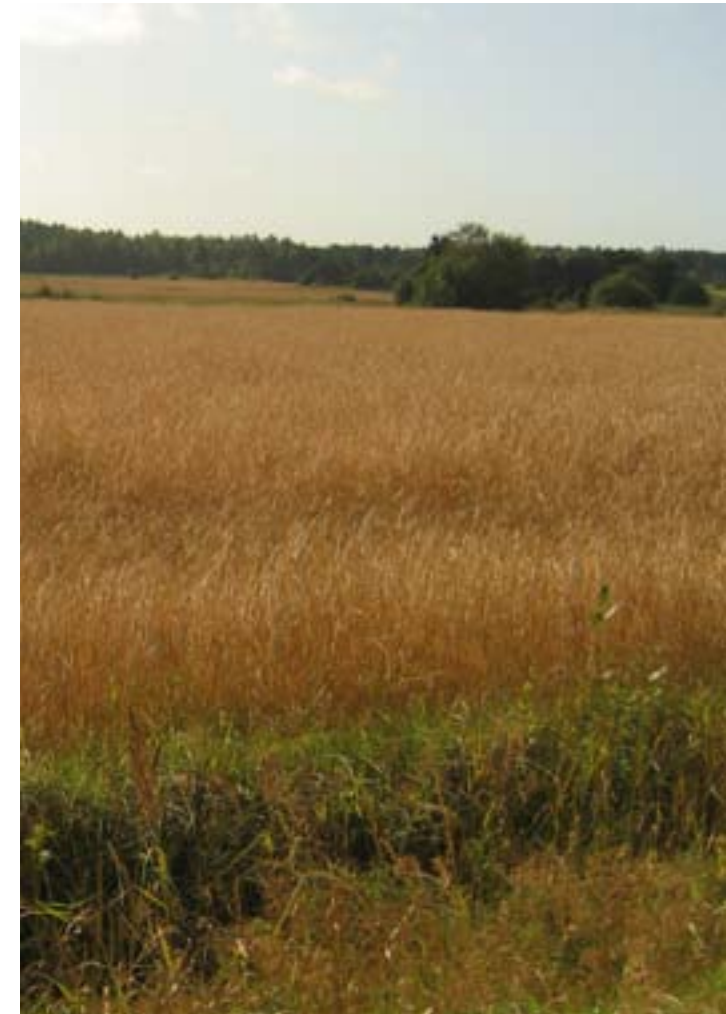
I takt med städernas expansion pågår sökandet efter nya marker att exploatera. För att inte ta jordbruksmark, skogsbruksmark eller andra värdefulla ytor i anspråk är mark som tidigare använts för till exempel industri, järnväg och hamn nu attraktiv att bebygga. Fenomenet kallas i internationella sammanhang "brownfield planning" och ses som en av vägarna mot att nå Agenda 21 målsättningen; att skapa ett hållbart samhälle (Dahlgren 2001). Man återtar alltså tidigare exploaterad mark i stället för att ta över nya oexploaterade områden. Dessa brownfields är på grund av sin tidigare verksamhet många gånger starkt förorenade och kräver efterbehandling. Beroende på vad marken skall användas till bestäms graden av efterbehandling genom en riskbedömning. Där ingår att bedöma marken utifrån Naturvårdsverkets bestämda riktvärden, som anger en acceptabel föroreningshalt i marken utan risk för negativa effekter på människor, miljö eller naturresurser. I vissa fall tas platsspecifika värden fram, då man kan tolerera att värdena överskrids för att de inte utgör några negativa effekter. För att bedöma om de generella riktvärdena kan tillämpas måste man se till platsens förutsättningar:

- i vilken grad människor exponeras för föroreningar
- förutsättningarna för spridning av föroreningar
- skyddsvärde för miljön i området och i omgivningen (Naturvårdsverket 2009c).

I Naturvårdsverkets riktvärdesmodell finns två olika typer av markanvändning för beräkning av de generella riktvärden för mark. Dessa är känslig markanvändning (KM) som innebär att människor inom alla åldersgrupper kan vistas permanent på platsen utan att utsättas för fara, och mindre känslig markanvändning (MKM) där marken lämpar sig för industri, kontor, vägar och liknande där värdena kan tillåtas vara högre (Naturvårdsverket 2009c).

I miljöbalkens 10:e kapitel regleras verksamheten kring arbetet med förorenade områden och ansvaret för efterbehandling. Där står att den som förorenat ett område är skyldig att utföra eller betala för undersökning och efterbehandling om verksamheten pågått efter 1 juli 1969 (Naturvårdsverket & Boverket 2006).

Det är positivt ur ett hållbarhetsperspektiv att man ser till tidigare exploaterad mark istället för exempelvis jordbruksmark eller parkområden. Problematiken ligger till stor del i tidsbristen, exploateringen måste gå fort och därmed även efterbehandlingen. Enligt Naturvårdsverket och Boverket kommer frågan om efterbehandling ofta in för sent i processen och är i många fall mer tidskrävande än vad man först trott. Bristen på långsiktig planering och att snabba beslut måste tas leder ofta till sämre resultat och högre kostnader för marksaneringen (Naturvårdsverket & Boverket 2006).



Det är positivt ur ett hållbarhetsperspektiv att man ser till tidigare exploaterad mark istället för exempelvis jordbruksmark eller parkområden.



Frågan om förorenade områden kan med fördel behandlas tidigt i planprocessen.

Förorenade områden i planprocessen

Länsstyrelserna och kommunerna har sedan några år tillbaka arbetat med att identifiera förorenade områden med stöd i Naturvårdsverkets "Metodik för Inventering av Förorenade Områden", MIFO. Kunskapen om dessa områden är av stor vikt i den fysiska planeringen. Naturvårdsverket och Boverket har uppmärksammat problem vid hanteringen av förorenade områden i planeringsprocessen och tillsammans givit ut rapporten 'Förorenade områden och fysisk planering'. Enligt Naturvårdsverket och Boverket är det i kommunens översiktsplan, ÖP, som möjligheterna är störst för att anpassa kommunens utbyggnad efter vetskapen om förorenad mark eftersom man där har ett långt tidsperspektiv. Det är också i ÖP som man redovisar de miljö- och riskfaktorer som kommunen bör ta hänsyn till vid beslut om hur mark- och vattenområden ska användas. Om föroreningsfrågan skulle behandlas redan i ÖP kunde man eliminera problemet med de snabba beslut som måste tas inför exploatering. Behovet av efterbehandling skulle inte behöva komma som någon överraskning och man skulle därmed kunna uppnå ett bättre och billigare resultat (Naturvårdsverket & Boverket 2006).

Enligt Naturvårdsverket och Boverket finns det under detaljplansprocessen inför exploatering möjlighet att undersöka om exploateringen kan bära kostnaden för den efterbehandling som krävs (Naturvårdsverket & Boverket 2006).

Under planprocessen utreds markförutsättningarna, men här kan även förslag till åtgärder för att efterbehandla området tas fram. Enligt plan- och bygglagen, PBL, ska en lämplighetsbedömning göras vid upprättande och antagande av planer, med hänsyn till markens beskaffenhet. För att ett område ska kunna anses lämpligt att bebygga krävs att eventuella föroreningar som utgör fara för människors hälsa åtgärdas. Vidare, enligt PBL, ska företräde ges sådan användning som medför en från allmän synpunkt god hushållning (Naturvårdsverket & Boverket 2006).

Frågan om förorenade områden kan alltså med fördel behandlas tidigt i planprocessen. Planeringen kan dessutom medverka till att få fram pengar till efterbehandling, en plan med ökad byggrätt höjer områdets värde vilket kan innebära att exploateringen i princip kan bära kostnaderna för efterbehandlingen (Naturvårdsverket & Boverket 2006). Det kan å andra sidan få negativa konsekvenser då man eventuellt högexploaterar för att kunna täcka saneringskostnaderna. Av den anledningen anläggs parkmark sällan på förorenad mark, det lönar sig helt enkelt inte på samma sätt som annan exploatering gör (Jonsson 2009). Detta trots att en park i många fall kunde vara det bästa alternativet för en ur allmän synpunkt god hushållning.

Miljögifter och förorenade områden

Ämnen som har en skadlig inverkan på miljön kallas gemensamt för miljögifter. Det innefattar både organiska och oorganiska ämnen, som exempelvis tungmetaller. Gemensamt för dessa miljögifter är enligt Naturvårdsverket att de är "giftiga, långlivade, tas upp av levande organismer och har en förmåga att spridas i miljön". Just därför är det problematiskt när dessa ämnen släpps ut, då de har en stark och långvarig påverkan på ekosystem över hela världen (Naturvårdsverket 2009a).

De föroreningar som finns i mark, vatten och sediment omkring oss har tillkommit genom både naturliga och så kallade antropogena processer. De naturliga processerna innefattar bland annat vulkanutbrott och skogsbränder (Bonde m.fl. 2002). När det gäller antropogena processer handlade det före industrialiseringen främst om gruvdrift och bearbetning av tungmetaller (Vangronsveld 1998). Efter industrialiseringens samhällsomvandling ökade utsläppet av miljögifter stort. Tidigare industrimark som gamla gasverkstomter, deponier, industrifastigheter och bensinstationer är exempel på platser där man nu har problem med föroreningar i mark eller vatten, och som fungerar som utsläppskällor till sin omgivning (Naturvårdsverket & Boverket 2006). Nya föroreningskällor tillkommer också i vår tid. Vissa industriframställda produkter innehåller tungmetaller och bekämpningsmedel (pesticider) som används inom jordbruk och hortikultur. Metalltäckta kraftledningar, järnvägar och blyad bensin bidrar också till utsläpp (Vangronsveld 1998).

Dessa föroreningar är skadliga för miljön på olika sätt, och kan störa funktionen hos olika organismer. De allvarligaste organiska föroreningarna är enligt Naturvårdsverket persistenta halogenerade organiska ämnen som exempelvis dioxiner, klorerade lösningsmedel, svärned-

brytbara bekämpningsmedel, PAH, kreosot och bensen, toluen, etylbensen och xylene (Naturvårdsverket 2002). Ämnena kan vid kontakt ge allvarliga skador, som cancerogena och kroniska skador på bland annat reproduktion och immunförsvar. Flera av dem är idag förbjudna att användas (Naturvårdsverket & Boverket 2006).

Tungmetaller finns naturligt i miljön och är i många fall essentiella näringsämnen för ett flertal organismer. Koppar, järn, zink och mangan är sådana. I förhöjda halter blir de dock toxiska och utgör då risker för miljön och människan (Vangronsveld 1998).

Eftersom tungmetallerna är grundämnen kan de aldrig elimineras som organiska föroreningar, utan finns alltid kvar i ekosystemet. Enligt Naturvårdsverket är de allvarligaste oorganiska föroreningarna arsenik och tungmetallerna kvicksilver, kadmium, bly, krom och koppar (Naturvårdsverket 2002). Även tungmetaller är i många fall cancerogena, och kan ge skador på nervsystemet och njurarna (Vangronsveld 1998).

Det talas ibland om att städa upp efter gamla miljösynder, spår från tidigare verksamheter i form av olika slags miljögifter. Landskapsarkitekten Pamela Brown reflekterar över det i sin rapport om fyto Remediering och landskapsarkitektur; "Våra intentioner var inte illvilliga, men vår korta livstid gör att vi inte hinner se konsekvensen av vårt tillvägagångssätt" (Brown 2005). Vår brist på långsiktigt tänkande är säkert en viktig faktor, men det är också en ren kunskapsfråga. Faktum är att innan miljöskyddslagen tillkomst 1969 renades utsläpp och avfall från miljöfarliga verksamheter i mycket liten skala. Det fanns helt enkelt inte så mycket

kunskap om effekterna av de ämnen som släpptes ut. Avfall kunde exempelvis arbetas ner i jorden som fyllnads-material eller till och med användas för att utöka industritomten ut mot intilliggande vatten. Med miljöskyddslagen lades ansvaret för att ha förorenat ett område på verksamhetsutövaren (Andersson m.fl. 2003a).

Enligt Naturvårdsverket finns i Sverige ca 80 000 förorenade områden, där riktvärden för förorenad mark överstigs. De flesta har alltså tillkommit inom de senaste 100 åren och har idag behov av efterbehandling i varierande skala. Saneringen är en del i arbetet för att nå miljömålet 'Giftfri miljö' (Naturvårdsverket 2009b).

Förorenad mark

Efterbehandlingsmetoder

Det finns ett flertal metoder för att sanera förorenad jord, alla med sina fördelar och nackdelar. Vilken metod som är aktuell är helt beroende på de specifika platsförutsättningarna. Den som tidigare bedrivit verksamhet på platsen är som tidigare nämnts ansvarig för att bekosta efterbehandling, och då även att göra de undersökningar som behövs för att komma fram till vilken saneringsåtgärd som är lämplig (Naturvårdsverket 2010c).

För att välja saneringsmetod krävs bra underlag och det kan vara svårt att få fram den information som behövs. Ytterligare en svårighet ligger i att planera för hur lång tid saneringen kommer att ta, vilket även gör att kostnaden för arbetet är svår att förutse. Vilken metod man än använder sig av kan man aldrig räkna med att platsen kan återställas till sitt ursprungliga skick (Naturvårdsverket & Boverket 2006). Vid undersökning av platsens föroreningsproblematik fastställs huruvida det rör sig om organiska eller oorganiska ämnen, hur höga halterna är och om föroreningen är homogen eller heterogen, det vill säga om det är flera skilda ämnen. Markförhållandena spelar stor roll, eftersom de avgör hur stor risken är för att ämnena sprids (Honkonen 2010).

De saneringsmetoder som används är så kallade biologiska, fysikaliska, kemiska eller termiska. Den biologiska reningen bygger på att föroreningarna bryts ner genom processer som sker naturligt i marken, till exempel med hjälp av svampar och bakterier. Ytterligare en metod som tillhör de biologiska är fyto Remediering, där man använder sig av växter för att avlägsna föroreningar på olika sätt. Än är fyto Remediering inte särskilt utbredd i Sverige, men mer om detta i del 2.

En typ av fysikalisk saneringsteknik är så kallad jordtvätt, som är lämplig om man har en diversifierad föroreningssituation, dvs där det gäller en mängd olika giftiga ämnen (Honkonen 2010). Jorden sorteras efter kornstorlek, eftersom de minsta partiklarna är de som föroreningarna sitter bundna till. Målet med jordtvätten är att få en mindre massa att deponera, i vissa fall så mycket som 5-10 % av massornas ursprungliga volym. Andra fysikaliska metoder är luftning och vakuumextraktion där man extraherar organiska föroreningar. Inkapsling eller inneslutning är ytterligare en fysikalisk saneringsteknik. Det innebär att man genom täta skikt stänger in den förorenade massan för att förhindra läckage eller att människor exponeras för föroreningarna. Man förhindrar alltså att vatten infiltrerar massorna och för med sig föroreningar ut från området. Detta görs ofta vid avfallsupplag (Andersson m.fl. 2003a).

Vid kemisk behandling behandlar man på olika sätt jorden för att urlaka de giftiga ämnena eller omvandla dem till ofarlig form (Honkonen 2010). Termisk behandling innebär att jorden hettas upp i olika temperaturer för att ta hand om organiska ämnen. Målet är antingen att helt förbränna allt organiskt material eller att få de organiska ämnena att avgå i gasform, för ett därefter tas omhand och förbrännas helt (Andersson m.fl. 2003a).

Ytterligare en åtgärd är uppgrävning, eller så kallad schakt. Innehåller massorna halter som är högre än vad man fastställt som tolererbart för projektet så schaktas de och förs bort, antingen för deponering eller behandling. Deponering görs i vissa fall av ekonomiska skäl, då behandlingen av jorden visar sig vara för dyr eller i vissa fall omöjlig att genomföra (Andersson m.fl. 2003a).

De snabba saneringslösningar som föregår exploatering innebär ofta att den förorenade jorden schaktas. I princip innebär det att man flyttar problemet till en annan plats och tar in ny ren jord. Transporten innebär en miljöbelastning och massbalansen glöms helt bort.

Efterbehandling av förorenade områden är en del i miljöarbetet, och det vore önskvärt att själva saneringen skulle vara mer miljövänlig. Mer hållbara saneringsmetoder bör utredas som alternativ till de nuvarande.

Sveriges miljöpolitik

Alla lagar och regler som rör miljö finns samlade i Miljöbalken, som syftar till att "främja en hållbar utveckling som innebär att nuvarande och kommande generationer kan leva i en hälsosam och god miljö". Detta ska alltså vara riktlinjen för Sveriges miljöpolitik (Naturvårdsverket 2010b). Miljöbalken tillkom 1999 och var då en sammanslagning av tidigare 16 miljölagar. Den berör ämnet förorenad mark och i dess 10:e kapitel regleras verksamheten kring arbetet med förorenade områden och vem som bär ansvaret för efterbehandling av dem (Naturvårdsverket & Boverket 2006).

1999 beslutade Riksdagen även att anta 16 nationella miljö kvalitetsmål som ska driva Sveriges miljöarbete och vara vägledande för fysisk planering och samhällsbyggande (Naturvårdsverket & Boverket 2006). Arbetet med miljömålen vilar på fem grundläggande värden som syftar till att:

- främja människors hälsa
- värna den biologiska mångfalden och naturmiljön
- ta till vara kulturmiljön och de kulturhistoriska värdena
- bevara ekosystemens långsiktiga produktionsförmåga
- trygga en god hushållning med naturresurserna (Miljömålsportalen 2010).

Miljömålsrådet har till uppgift att samordna miljömålen och de myndigheter som ansvarar för dem. Meningen är att ett samarbete ska ske mellan myndigheter, länsstyrelser, kommuner, organisationer, näringsliv och enskilda för att nå målen. Målen ska nås till 2020, och riksdagen har även antagit 72 delmål som ska hjälpa i arbetet (Regeringskansliet 2010).

Det fjärde miljö kvalitetsmålet är 'Giftfri miljö', och lyder "Miljön ska vara fri från ämnen och metaller som skapats i eller utvunnits av samhället och som kan hota människors hälsa eller den biologiska mångfalden". Miljömålsrådet har själva uppgett att kunskapen om miljögifter fortfarande

är begränsad, vilket gör det svårt att avgränsa riskerna (Miljömålsportalen 2009a). Ett delmål till 'Giftfri miljö' är 'Efterbehandling av förorenade områden (2005-2010/2050)', som bygger på att miljöproblemet i sin helhet i huvudsak ska vara löst allra senast år 2050 (Miljömålsportalen 2009b).

Arbetet med efterbehandling av förorenade områden leds av Naturvårdsverket, och är en del i arbetet för att nå miljö kvalitetsmålet 'Giftfri miljö'. Naturvårdsverket är den statliga myndighet som övervakar miljön, beskriver och rapporterar om miljösituationen och deltar i utvecklingen av miljölagstiftningen genom att ge underlag till regeringen i olika frågor. Naturvårdsverket utvecklar även ekonomiska styrmedel och fördelar bidrag för olika miljöprojekt (Naturvårdsverket 2010a). Utöver den svenska lagstiftningen har även EUs miljöbestämmelser en stor inverkan på Sveriges miljöpolitik, vilket är naturligt då föroreningsproblemen är gränsöverskridande (Regeringskansliet 2010).

Efterbehandling av förorenade områden är nödvändigt för att nå en hälsosam miljö och alltså en viktig del i miljöarbetet. Som tidigare nämnts så blir efterbehandlingen ofta dyr och resultatet mindre bra. Dessutom vore mer hållbara saneringsmetoder en spännande utveckling och en viktig del i miljöarbetet.



Efterbehandling av förorenade områden är nödvändigt för att nå en hälsosam miljö och alltså en viktig del i miljöarbetet.

Foto: Emma Falk.

Sammanfattning

Våra städer växer och kräver ny mark i anspråk. Begreppet Brownfield planning innebär att man exploaterar tidigare industrimark och hamnområden, vilket är positivt ur ett hållbarhetsperspektiv men ofta kräver stora saneringsåtgärder.

Naturvårdsverket har tagit fram riktvärden för förorenad mark, som anger tolererbara halter av miljögifter, dvs. organiska och oorganiska föroreningar. Enligt Naturvårdsverket finns i Sverige ca 80 000 förorenade områden, där riktvärden för förorenad mark överstigs. De flesta av dessa är spår från industrialiseringen.

Parkmark anläggs sällan på förorenad mark, då det inte lönar sig så som annan exploatering. Detta trots att en park i många fall kunde vara det bästa alternativet för den ur allmän synpunkt goda hushållning som PBL framhåller som styrande för planarbetet.

De saneringsmetoder som finns är biologiska, fysikaliska, kemiska eller termiska. I många fall schaktas den förorenade jorden och transporteras bort, vilket innebär att man i princip flyttar föroreningsproblemet. Fytoremediering är en biologisk saneringsmetod som kan användas in-situ och bygger på att sanera med hjälp av växter.

Miljöbalken syftar till att främja en hållbar utveckling som innebär att nuvarande och kommande generationer kan leva i en hälsosam och god miljö", vilket ska vara riktlinjen för Sveriges miljöpolitik. Verksamhet kring arbete med förorenad mark finns reglerad enligt lag.

Efterbehandling av förorenade områden är en del i miljöarbetet, och det vore önskvärt om själva saneringen skulle vara mer miljövänlig. Efterbehandlingen av dessa områden kommer ofta in sent i planeringsprocessen och snabba beslut måste tas, vilket innebär att kostnaderna blir höga och resultatet sämre. Det skulle inte behöva vara så, om frågan togs med i ett tidigt stadiet i den kommunala planprocessen, där det finns möjligheter till långsiktighet och förutseende. Även mer hållbara saneringsmetoder bör utredas.



Kan man genom långsiktig planering sanera på ett sätt som innebär mindre miljöbelastning samt ekonomiska och estetiska vinster? Kan fytoremediering vara en lösning? Vad har vi som landskapsarkitekter med det att göra?



Ordet fytoremediering är en sammansättning av de grekiska orden "fyto" som betyder växt, och "remedium" som betyder att ställa till rätta eller befria från ont.

Fytoremediering som metod

Fytoremediering är ett samlingsord för sanering av förorenade miljöer (mark, luft och vatten) med hjälp av växter. Processen sker utifrån växtens naturliga biologiska, kemiska och fysiologiska aktiviteter och drivs därmed av sol, vilken innebär att den är ekologisk och skonsam för miljön. Då behandlingen kan ske på plats, in situ, så kan markens struktur bibehållas och schakt och transport undvikas vilket gör det till ett billigare alternativ till andra metoder. Som saneringsmetod kan fytoremediering även upplevas som estetiskt tilltalande på grund av människors generellt positiva inställning till växtlighet.

Fytoremediering kan användas för att sanera olika typer av föroreningar som tungmetaller, metalloider, radionuklider, salter, näringsämnen, organiska föroreningar, avloppsvatten och luftföroreningar (McCutcheon & Schnoor 2003). Detta sker genom ett antal metoder som ryms under begreppet fytoremediering, som på olika sätt behandlar föroreningar. Föroreningarna kan avlägsnas från marken, stabiliseras, detoxifieras eller omvandlas till mindre giftiga former (UNEP 2010). Markens och föroreningarnas egenskaper avgör vilken av dessa metoder som är lämplig. De olika fytoremedieringsmetoderna är:

- Fytoextraktion
- Fytodegradering
- Fytostabilisering
- Fytoavdunstning
- Fytotäckning
- Rhizodegradering
- Rhizofiltrering
- Hydraulisk kontroll

För att fytoremediering ska kunna tillämpas krävs att ämnet i fråga är biologiskt tillgängligt och har rätt kemiska egenskaper för att växten ska kunna ta upp det

(Andersson & Svensson 2007). Generellt kan man säga att metaller i löst form är mer växttillgängliga än metaller som är bundna till partiklar. I vilken form metallen förekommer beror bland annat på syrehalten och pH-värdet i jorden. Vid ett lågt pH finns det mycket vätejoner i jorden, vilka har en förmåga att tränga ut metallkationer från partiklarnas negativa bindningsplatser och göra dem fria och tillgängliga (Jakobsson 2003).

Utöver markens kemiska egenskaper påverkas fytoremedieringens effektivitet även av markens fysikaliska egenskaper. Med fysikaliska egenskaper menas exempelvis kompakteringsgrad, textur och permeabilitet. Det påverkar hur väl rötterna kan ta sig fram och spridas i jorden. Om ett ämne ligger djupt ned så kan rötterna ha svårigheter att rent fysiskt nå ned till det djupet (Naturvårdsverket 2007). Valet av växt innefattar därmed krav på rotdjup, för att rötterna ska nå ner till föroreningen. Utöver rotdjup bör växten ha hög tolerans för föroreningen, stor biomassa samt stor tendens att ta upp ämnet i fråga. Beroende på växtvalet kommer föroreningarna att absorberas på rötternas utsida, tas upp, transporteras till stam eller blad, brytas ned, avdunstas eller inte påverkas alls (Andersson & Svensson 2007). Andra faktorer som kan påverka upptaget av föroreningar är lufttemperaturen, marktemperaturen och vattentillgängligheten (Naturvårdsverket 2007).



*Fytoremediering;
användandet av växter för att sanera mark*

Fytoremediering

Möjligheter med metoden

Att sanera en yta genom fytoremediering kan vara betydligt mer estetiskt tilltalande än andra saneringsmetoder, på grund av växtmaterialet (McCutcheon & Schnoor 2003).

I jämförelse med andra saneringsmetoder är fytoremediering en billig lösning. Kostnaderna utgörs av växtmaterial, plantering och skötsel (McCutcheon & Schnoor 2003).

Behandlingen sker ofta på plats, så kallat in-situ, och innebär att markstrukturen kan bibehållas (McCutcheon & Schnoor 2003). Behandlingen kan även utföras ex-situ, i fall där föroreningarna flyttas och behandlas på en annan plats (Brown 2005).

Fytoremediering är en metod som har visat sig tilltala folk eftersom det bygger på naturliga principer och är en ekologiskt hållbar metod. Att göra tidigare otillgängliga ytor gröna och använda dem till ett rekreativt syfte är ytterligare en positiv aspekt. Detta då förorenade platser ofta finns i stadsnära lägen, där man generellt lider brist på gröna ytor (Bonde m.fl. 2002).

Fytoremediering har ett stort användningsområde då det kan användas på många olika föroreningar (Brown 2005).

Kan vara en tillfällig lösning medan andra eventuella tekniker undersöks (Brown 2005).

Metoden kan användas på stora områden med låga föroreningshalter som annars riskerar att inte bli behandlade (Willey 2007).

Begränsningar med metoden

Fytoremediering kan leda till att föroreningar exponeras för människor och djur, vilket innebär att föroreningarna kan ta sig in i näringskedjan (EPA 2000). Mer forskning behövs kring biprodukter från fytoremediering för att kunna försäkra sig om att det inte är skadligt för allmänheten (Brown 2005).

Fytoremediering tar lång tid jämfört med andra saneringsmetoder. Därför krävs det en långsiktig planering, vilket kan vara svårt i exploateringssammanhang (McCutcheon & Schnoor 2003).

Behandlingens effektivitet är begränsat till rötternas djup, föroreningen måste ligga på en nivå i marken där rötterna kan komma i kontakt med dem (McCutcheon & Schnoor 2003).

För att växterna ska kunna etablera sig och överleva måste föroreningsgraden vara så låg att den inte är fytotoxisk, dvs. skadlig för växterna (Šašek m.fl. 2003). Höga koncentrationer av föroreningar kan hämma växtens utveckling och dessutom utgöra en risk för djur och människor. Höga koncentrationer kan även kräva omedelbar behandling och eftersom fytoremediering är en långsam metod så är den inte heller då lämplig (EPA 2000).

För att fytoremediering ska vara effektivt så bör andra markförutsättningar såsom jordstruktur och övrig markkemi vara goda. Det krävs därför ofta en bearbetning av jorden (Šašek m.fl. 2003).

Metoder för att tillgängliggöra metaller i samband med fytoremediering, exempelvis tillsats av kelater, kan i sin tur leda till läckage och spridning av föroreningar till grundvatten (Willey 2007).

Klimatet har stor inverkan på växternas etablering och tillväxt, vilket i sin tur påverkar hur väl fytoremedieringen fungerar och hur lång tid processen tar (Brown 2005).

Vårt kalla klimat och våra geologiska förutsättningar gör att vi inte bara kan importera saneringsmetoder från Västeuropa och USA (Dahlgren 2001).

Även om kostnaderna för anläggandet inför fytoremediering är låga kan det vara desto mer kostnadskrävande att ta hand om det skördade växtmaterialet då det klassas som giftigt avfall och därför kräver speciell behandling (Brown 2005).

Närboende kan bli negativt inställda till saneringen, av rädsla för att föroreningarna förs upp till ytan och därmed riskerar att exponeras för dem (Greger 2010).

Fytoextraktion

Fytoextraktion går ut på att utnyttja vissa växters naturliga förmåga att ta upp en stor mängd föroreningar via roten, transportera dem vidare till sina ovanjordiska delar och ackumulera dem i sin vävnad. Växtmaterialet skördas sedan och föroreningarna förs på så vis bort från platsen (Andersson & Svensson 2007). Metoden används vid behandling av jord, sediment och slam, och i viss grad vatten. En förutsättning för valet av växtmaterial är därför att arten bör vara enkel att skörda (EPA 2000).

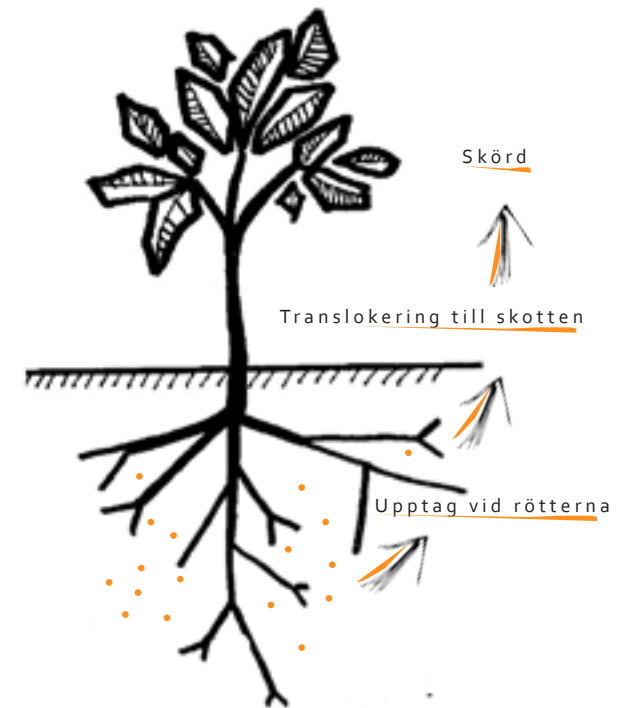
De växter som ackumulerar metaller i sin vävnad delas in i indikatorväxter och hyperackumulerare, där hyperackumulerarna tar upp betydligt högre koncentrationer av de berörda ämnena (Andersson & Svensson 2007). Runt 400 kända växter har förmåga att absorbera ovanligt höga halter av metaller, varav nickel, zink och koppar är de metaller som effektivast tas upp (McCutcheon & Schnoor 2003). Hyperackumulerarna har däremot ofta låg biomassa och grunt rotsystem, vilket innebär ett lågt metallupptag jämfört med andra icke hyperackumulerande växter. Hyperackumulerarna är bundna till vissa klimat och återfinns ofta under väldigt specifika geografiska förhållanden, vilket kan innebära en svårighet att hitta bra växtmaterial. Hyperackumuleraren rosettskärvför, *Thlaspi rotundifolium* kan ta upp höga halter av bly och zink (EPA 2000).

Växten som används som fytoextraktor måste ha förmåga att frigöra metaller från jordkolloiderna, för att i nästa steg kunna absorbera dem. Den bör ha hög biomassaproduktion, hög translokation av ämnena till sina ovanjordiska delar och ett metallspecifikt upptag (Andersson m.fl. 2003b).

Fytoextraktion fungerar bäst vid sanering av metaller, och har visat sig vara mindre effektiv för andra ämnen som arsenik och organiska föroreningar (Andersson & Svensson 2007). Det går att i olika grad behandla Ag, Cd, Co, Cr, Cu, Hg, Mn, Mo, Ni, Pb och Zn. Hg och Pb är något problematiska att fytoextrahera, då de har en låg mobilitet i förorenad jord och dessutom dålig förmåga att translokeras till skotten (EPA 2000).

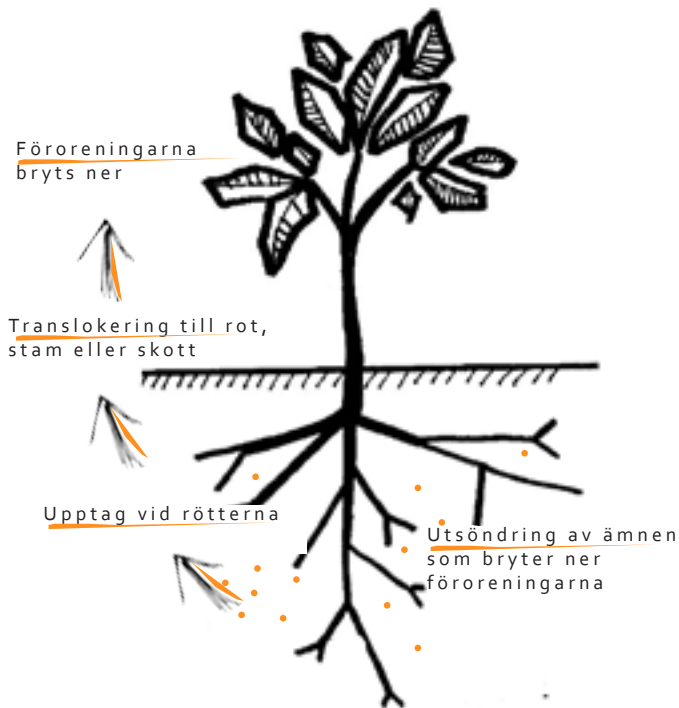
Brassicaceae, *Salix* och *Populus* är några grupper som har använts vid försök och visat sig användbara vid fytoextraktion, antagligen på grund av deras djupa rotsystem och höga biomassaproduktion (Andersson m.fl. 2003).

Fyto Remediering



Vid fytoextraktion tas föroreningarna upp i växten för att sedan kunna avlägsnas vid skörd.

Fytoremediering



Vid fytodegradering bryter växten ner föroreningarna, det sker i eller utanför växten med hjälp av dess metabolism och utsöndring av ämnen.

Fytodegradering

Fytodegradering kallas även fytotransformering och innebär att växten bryter ned en förorening (UNEP 2010). Detta sker antingen inuti växten med hjälp av dess metabolism, eller genom att den utsöndrar ämnen som sedan bryter ner föroreningen utanför växten (EPA 2000). I växten kan föroreningen efter att den brutits ned användas som näring och i en del fall kan även växten utsöndra slut- eller mellanprodukter. Metabolismen kan ske i både rot, stam och skott. Nedbrytning i växten kan också utföras av endofyter, det vill säga bakterie, svamp, alg eller växt som lever inuti växten. All nedbrytning som orsakats av mikroorganismer utanför växten, kallas rhizodegradering (Andersson & Svensson 2007).

Fytodegradering är som övriga fytoremedieeringsmetoder mest användbar på områden med låg föroreningshalt. Metoden kan användas för att rena jord, sediment, slam, dagvatten och grundvatten. Grundvatten som inte nås av rötter kan renas genom att vattnet pumpas upp till ytan. Fytodegraderingen kan leda till mellanprodukter eller produkter som är giftiga (EPA 2000).

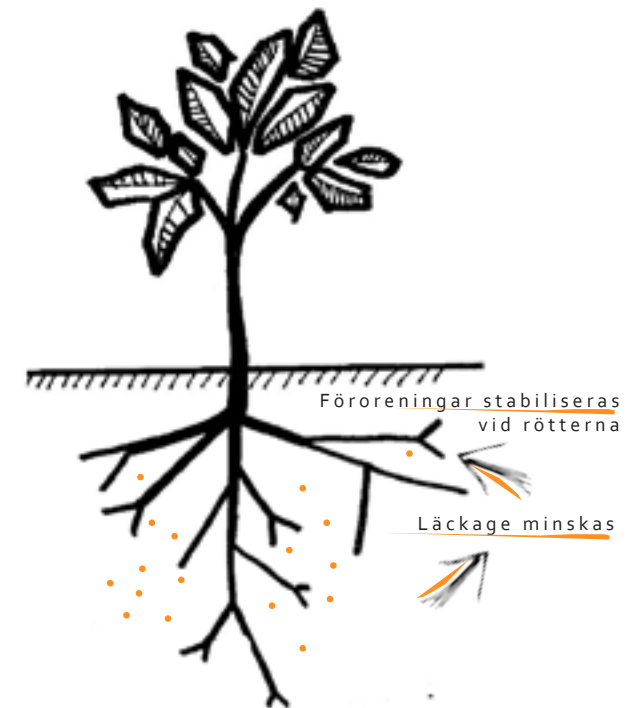
Föroreningen måste i de flesta fall först tas upp i växten för att fytodegradering ska ske. Om växten kan ta upp ämnet beror på dess hydrofobicitet, löslighet, och polaritet, eftersom det har inverkan på hur väl de absorberas eller binds vid roten och hur de förflyttas inom växten. Fytodegradering kan fungera på platser där mikroorganismer inte klarar av att överleva, tex. på grund av höga föroreningshalter (EPA 2000).

Storslinga (*Myriophyllum aquaticum*) och algväxten slinke (*Nitella sp.*) har använts för degradering av TNT. Hybridpopplar har visat sig kunna degradera TCE och atrazin. Popplar har också använts för att degradera näringsämnen från grundvatten. Tulpanträd (*Liriodendron tulipifera*), sumpcypress (*Taxodium distichum*) och svartbjörk (*Betula nigra*) har även visat positivt resultat på degradering av herbiciden bentazon (EPA 2000).

Fytostabilisering

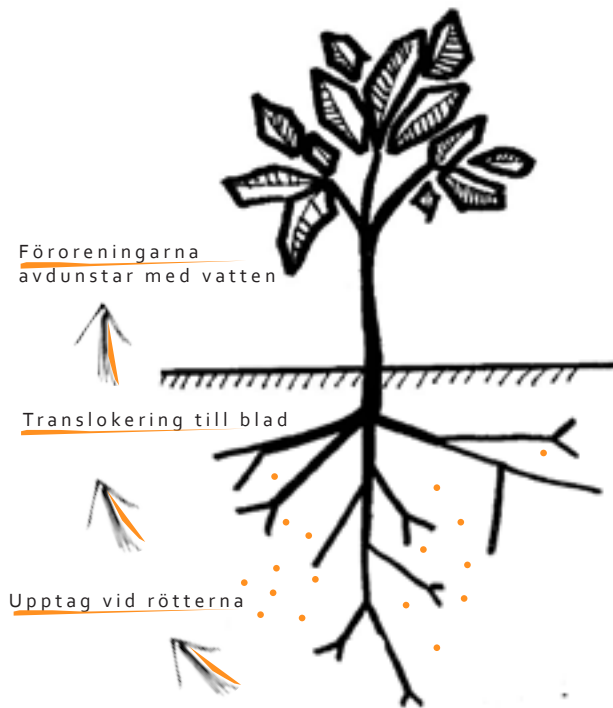
Fytostabilisering innebär att man med hjälp av växter stabiliserar en jord för att minska erosion och läckage av föroreningar. Ämnena kan absorberas och ackumuleras vid växternas rötter, adsorberas i rötterna eller fällas ut i rotzonen, rhizosfären. Alla tre alternativen innebär att de giftiga ämnena immobiliseras (UNEP 2010). Fytostabilisering används vid behandling av sediment, jord och slam. Metoden används bland annat vid hantering av restprodukter från gruvindustrin, då det har visat sig vara möjligt att stabilisera kvicksilver, bly, koppar och zink. Man tror även att arsenik, kadmium och krom ska vara möjligt att stabilisera på det sättet. De undersökningar som gjorts på fytostabilisering har dock främst rört sig om oorganiska föroreningar (EPA 2000).

Poppel och olika grässorter, som vener (*Agrostis*) och svinlgar (*Festuca*), har visat sig fungera bra som stabiliserare. Sareptasenap (*Brassica juncea*) har visat sig kunna reducera läckage av metaller i jord med över 98 %. Växtetableringen förhindrar spridningen av ämnena genom att även motverka erosion, spridning med vinden och läckage med ytvattnet, men innebär även att ekosystemet får en chans att återhämta sig själv. Den negativa aspekten av stabilisering är att föroreningarna fortfarande finns kvar i jorden, det kan därför ses som en tillfällig lösning. Metoden kräver mycket skötsel, eventuella hjälpmedel som markförbättringsmedel och övervakning (EPA 2000).



Vid fytostabilisering stabiliseras föroreningarna i jorden och bidrar till minskat läckage.

Fytoremediering



Vid fytoavdunstning tas föroreningarna upp i växten för att sedan avdunsta tillsammans med vatten.

Fytoavdunstning

Denna typ av fytoremediering går ut på att växter tar upp ämnen via roten och genom transpiration släpper ut dem eller en modifierad form av dem i atmosfären. Både organiska och oorganiska ämnen tas upp i roten tillsammans med vattenupptaget och transporteras genom växten för att sedan transpirera från bladytan (UNEP 2010). Fytoavdunstning kan användas för att behandla jord, sediment, slam och grundvatten (EPA 2000).

En förutsättning för att metoden ska fungera är att föroreningen finns inom rotzonen. I vissa fall löses det problemet genom att det förorenade vattnet pumpas upp och vattnas över växterna. Ytterligare en förutsättning för att metoden ska fungera bra är att växten har tillgång till tillräcklig mängd vatten för att det ska kunna ske en effektiv transpiration. Även andra klimatiska faktorer har inverkan på transpirationen, som temperatur, solstrålning och vind. Genom växtens metabolism kan de ämnen som tas upp omvandlas till mindre toxiska former, i vilken de släpps ut via transpiration. De kan sedan genomgå naturliga nedbrytningsprocesser, som exempelvis fyto-degradering mer effektivt och snabbt när de släppts ut i atmosfären (EPA 2000).

Det finns en risk att metaboliterna, dvs de ämnen som omvandlats kan vara farliga. Dessa farliga metaboliter kan då ackumuleras i växten och sedan hamna i frukt eller virke. Det krävs därför kunskap om hur de ämnen som släpps ut i atmosfären via fytoavdunstning påverkar ekosystemet och människors hälsa (EPA 2000).

Metoden har bland annat visat sig vara effektiv vid behandling av klorerade lösningsmedel. Under forskning vid University of Washington har man kommit fram till att poppel omvandlat det klorerade lösningsmedlet TCE. Poppel är effektiv när det gäller transpiration, den har visat sig kunna transpirera 90 % av det ämnet som de tagit upp (UNEP 2010). Vid försök med sareptasenap (*Brassica juncea*) och raps (*Brassica napus*) har dessa omvandlat ämnet selen till en mindre toxisk gas som transpirerats (EPA 2000).

Täckningssystem

Fytoremediering som täckningssystem utnyttjar växters förmåga att ta upp och transpirera stora mängder vatten (Andersson & Svensson 2004). Det man vill uppnå med en täckning är att isolera föroreningarna för att undvika direktkontakt med människor och djur, minimera perkulationen av vatten till underliggande föroreningar, samt förhindra att eventuellt bildad gas inte läcker ut ens på lång sikt (EPA 2000). Genom att täcka deponier kan man minska mängden vatten som når ner till det deponerade materialet, med resultatet att även läckaget av lakvatten minskar (Andersson & Svensson 2004).

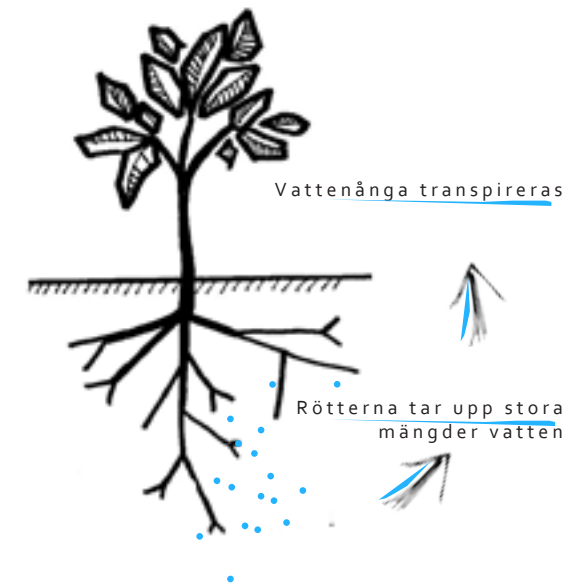
Det finns två olika typer av fytotäckning, evapotranspirationstäckning och fytoremedieringstäckning. Vid evotranspirationstäckning kombineras växter med ett tillräckligt tjockt jordlager för att vattnet inte ska infiltrera innan det kan avgå genom evaporation och transpiration. Fytoremedieringstäckning har samma egenskaper som ett evapotranspirationstäckningen, med skillnaden att växternas rötter når ned till avfallet. Täckningen kan då ha en sanerande metod då olika typer av fytoremediering som rhizodegradering eller fytostabilisering kan påverka materialet. Fytoremedieringstäckning passar bäst för organiska föroreningar, eftersom växterna då kan bryta ner materialet samtidigt som de motverkar infiltration av vatten (EPA 2000).

Det man ska tänka på vid planering för fytotäckning är jordens fysiska förutsättningar, hur troligt det är med gasbildning och klimatvariationer. Områden med stor nederbörd kräver att mer vatten måste kunna transpireras eller lagras i jorden. Hög grundvattennivå kan göra att jorden har en sämre förmåga att hålla vatten om evotranspiration och transpiration inte fungerar som det ska. Med ett tillräckligt tjockt lager jord behöver inte

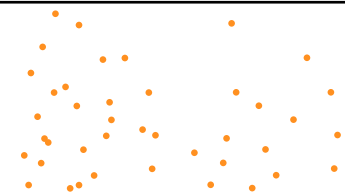
grundvattenytan spela roll. Lämplig jord för vegetativtäckning är en som har hög vattenhållande förmåga, exempelvis en mix av silt och lera, och man bör undvika jordar som dränerar fort (EPA 2000). Jorden och rotmattan bildar tillsammans ett magasin där vatten lagras under de perioder på året då transpirationen hos växterna är låg eller då nederbörden är större än transpirationen (Andersson & Svensson 2004).

I Sverige används alltid fytotäckning i kombination med en så kallad konventionell täckning. Detta beror på att fytotäckning inte är tillåtet i Sverige som metod vid sluttäckning av en deponi, eftersom den inte uppfyller alla krav. Då man använder fytotäckning i kombination med konventionell täckning får man en minskad infiltration till det tätande skiktet. Sådana system bygger på att avfallet först täckts av ett tätskikt följt av ett skyddsskikt på ca 1,5 m där man sedan kan plantera växter (Andersson & Svensson 2004). Då är det viktigt att rötterna inte går ner och förstör de olika lagerna. Vid fytotäckning krävs kontinuerlig kontroll av ytan för att se till att växterna täcker som de ska. Naturlig succession kan leda till att andra växter än de som planterats från början kan ta över och påverka ytan. Om träd ingår i fytotäckningen och välter vid exempelvis hård vind, kan avfallet exponeras och åtgärder krävas (EPA 2000).

Salix, gräs och hybridasp är växter som vanligen används i Sverige för fytotäckning. I USA har popplar och olika sorters gräs använts till vegetativa skikt. En positiv aspekt när det gäller växtmaterialet är att de flesta växter kan användas när man anlägger ett evapotranspirationstäck, eftersom växterna inte kommer i kontakt med avfallet (Andersson & Svensson 2004).

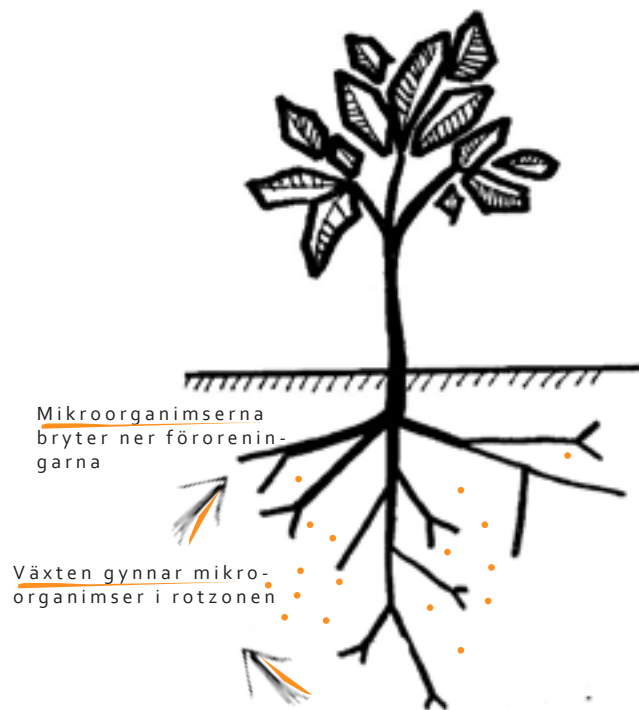


Jordlager som minskar infiltration



Fytoremediering som täckningssystem utnyttjar växters förmåga att ta upp och transpirera stora mängder vatten.

Fytoremediering



Vid utökad rhizodegradering gynnar växten mikroorganismer som i sin tur bryter ner föroreningarna.

Utökad rhizodegradering

Genom att växter luckrar upp, syresätter och utsöndrar ämnen som gynnar mikroorganismer i rotzonen kan en ökad nedbrytning ske. Detta kallas för utökad rhizodegradering. Mikroorganismerna använder föroreningarna som näringskällor, men kan även få näring från rottdelar som bryts ned samt från de ämnen, till exempel socker, alkoholer och syror som växten avger. Utöver detta kan växterna hjälpa till att mekaniskt bearbeta jorden så att föroreningarna blir mer tillgängliga. Rhizodegradering används ofta som ett komplement efter att den mest förorenade jorden grävts bort från ett område för vidare behandling (Andersson & Svensson 2004).

Eftersom föroreningarna inte tas upp i växten vid rhizodegradering krävs ingen skörd och deponering av växterna, vilket är positivt ekonomiskt. Det som begränsar effektiviteten är hur stort rotdjupet är, och det faktum att det tar lång tid att utveckla en stor rotzon. Ämnena bör ha egenskaper som innebär att de inte kan tas upp och translokeras inom växten (Andersson & Svensson 2004).

Organiska ämnen är de som är mest lämpliga att sanera med rhizodegradering. Exempel på föroreningar som har behandlats genom rhizodegradering är petroleumkolväte, PAH:er, BTEX, pesticider, klorerade lösningsmedel, pentaklorfenol, PCB:er och tensider. Vid nedbrytning av PAH:er har svartpil (*Salix nigra* Marshall) visat sig vara mest effektiv, följt av poppel (*Populus deltoides* och *Populus nigra*) och slutligen rödask (*Fraxinus pennsylvanica*). Vid ett försök i tillväxtkammare visade det sig att närvaro av rörsvingel (*Festuca arundinacea*) ökade nedbrytningen av PAH:er i rhizosfären, jämfört med en icke bevuxen yta (Andersson & Svensson 2004). Andra gräs som visat sig öka degraderingen av PAH:er i rhizosfären är fårsvingel (*Festuca ovina*) och rödsvingel (*Festuca rubra*). Blålusern (*Medicago sativa*) har bidragit till degradering av TCE och TCA genom att ha utsöndrat ämnen som gynnat bakterier i jorden (EPA 2000).

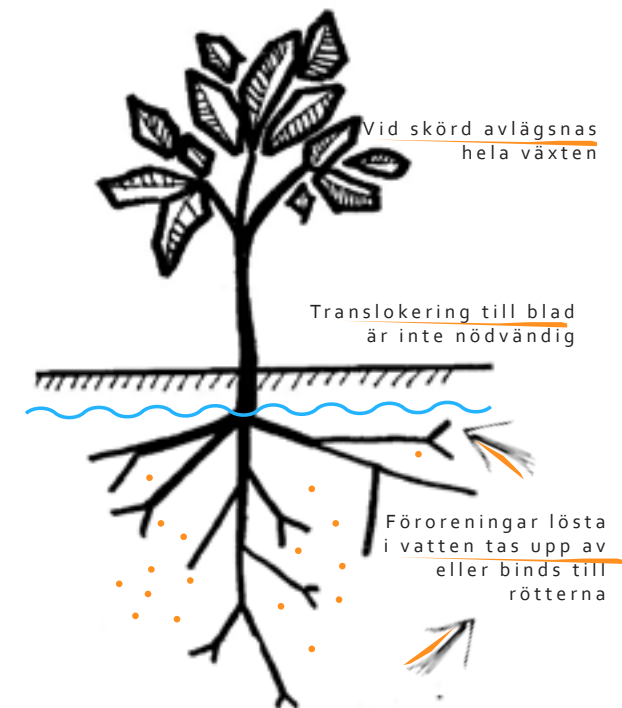
Rhizofiltrering

Rhizofiltrering är en metod där växter tar upp föroreningar som finns lösta i vatten. Föroreningen tas antingen upp i rötterna eller binds till dem. Antingen tillförs vattnet från en förorenad plats till växterna genom bevattning eller så planterar man växterna vid den förorenade platsen till exempel i dammar (UNEP 2010).

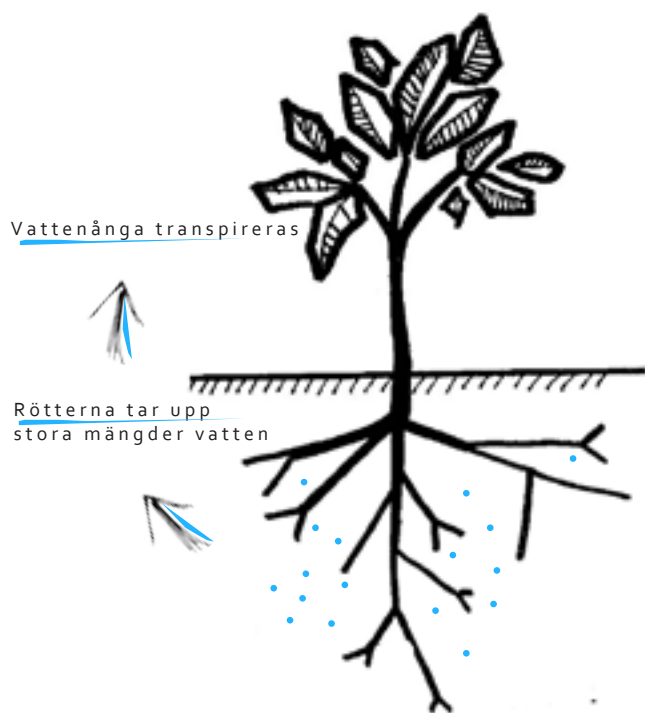
För att rhizofiltrering ska fungera måste rötterna komma i kontakt med vattnet. Vid in situ projekt måste vattnet cirkulera om djupet på rötter inte är densamma som vattendjupet för att uppnå rening (EPA 2000). När rötterna är mättade med föroreningar skördas växten. Vid skörd av flytväxter och terrestra växter med flytanordningar kan biomassan avlägsnas helt, alltså krävs ingen translokation av föroreningen inom växten. Om växterna är rotade tillämpas samma metoder för skörd som vid fytoextraktion då endast biomassan ovan jord avlägsnas (UNEP 2010). Rhizofiltration är en bra metod vid låg föroreningshalt och då det rör sig om stora vattenvolymer och lämpar sig därför för rening av grundvatten, ytvatten och avloppsvatten (EPA 2000). Eftersom föroreningarna tas direkt från en vattenlösning är de mer biologiskt tillgängliga än föroreningar i jord som ofta är hårt bundna till partiklar (Andersson & Svensson 2004).

Rhizofiltrering fungerar främst för metaller och hydrofoba organiska föroreningar. Metoden har även använts för sanering av radionukleider. Exempelvis har solrosor använts för att ta bort radioaktiva föroreningar från damm-vatten i Tjernobyli med ett positivt resultat (UNEP 2010). Det finns ökade variationsmöjligheter vid rhizofiltrering eftersom både landväxter och vattenväxter kan användas. Däremot krävs ett noggrant konstruerat system att kunna kontrollera flödes hastigheten och koncentrationer (EPA 2000). Terrestra växter har generellt en större förmåga att ta

upp ämnen än vattenväxter, men behöver då flytanordningar (Andersson & Svensson 2004). När förorenat vatten tillförs genom bevattning är poppel eller salix lämpliga arter då de har en hög transpirationsförmåga vilket innebär att mer vatten kan tillföras utan risk för avrinning från området. (EPA 2000). Sareptasenap (*Brassica juncea*) har visat sig vara lämplig vid sanering av tungmetaller. Även det japanska gräset *zoysia* (*Zoysia japonica*) och rödvenen (*Agrostis capillaris*) har i försök kunnat ackumulera bly. Andmat (*Lemna minor*) har förmågan att ta upp en rad olika metaller, som järn, koppar, zink mangan, krom och bly. Dock har studier visat att upptaget är som störst direkt vid plantering för att sedan avta, vilket betyder att vid användning av andmat måste utbytet av biomassan ske regelbundet (Andersson & Svensson 2004).



Vid rhizofiltrering tas föroreningar lösta i vatten upp i växten för att sedan avlägsnas genom skörd.



Vid hydraulisk kontroll tar rötterna upp stora mängden vatten, vilket hindrar lakvatten från området

Hydraulisk kontroll

Metoden går ut på att behandla förorenat grundvatten och bygger på växtens förmåga att ta upp vatten och sedan transpirera vattenånga. Rötternas vattenupptag gör att vatten från ett förorenat område rör sig uppåt för att tas upp i rötterna, vilket innebär minskat lakvatten från området. I samband med detta sänks grundvattennivån utanför rötternas influensområde och man kan påverka vattnets strömning och därmed spridning av föroreningarna. Metoden kan tillämpas på grundvatten, ytvatten och markvatten (Andersson & Svensson 2004). Växtrötter är mer effektiva än de pumpsystem som används för samma ändamål. I de fall växterna har en förmåga att ta upp ämnen har metoden även en sanerande funktion (Suthersan 2002).

Växter kan planteras över en hel yta med föroreningar, eller i remsor längs med ett vattendrag, då kallat hydraulisk barriär eller buffer strips. Växter planteras då för att ta upp ämnen ur ytvatten och grundvatten innan det når ett vattendrag och förorenar detta. Växterna fungerar i princip som en ogenomtränglig barriär där ämnen tas upp i rotzonen, och förhindrar även att jorden eroderar vid exempelvis strandbankar (EPA 2000). Eftersom metoden bygger på hög transpirationkapacitet och inte kräver ett upptag av föroreningar underlättas valet av växt och det finns möjlighet till ökad variation i växtmaterialet (Andersson & Svensson 2004).

En förutsättning för att hydraulisk kontroll ska fungera är att det finns tillräckligt med markyta tillgänglig för att kunna etablera vegetationen. Vid en hydraulisk barriär planteras ofta en tredubbel trädrad på en sträcka av minst tio meter, ju större yta desto bättre resultat. Med en bredare växyta tillåts även mer diversifierade ekosystem och habitat (EPA 2000).

För att metoden ska vara effektiv måste de aktuella ämnena vara lätta för växten att ta upp och bryta ner. Enligt Suthersan bör ämnena vara vattenlösliga organiska och oorganiska i halter som inte är toxiska för växten i fråga (Suthersan 2002). Metoden fungerar endast inom det djup som rötterna når att påverka, det förorenade vattnet måste finnas inom rotzonen. Växternas rötter måste tåla variationer i grundvattennivån (EPA 2000).

Näringsämnen och pesticider är de föroreningsämnen som studerats i samband med hydrauliska barriärer (EPA 2000). Salix och poppel är effektiva vid hydraulisk kontroll. De har stort rotsystem, tål att stå i vattenmättad jord och har dessutom hög biomassa (Andersson & Svensson 2004). I ett försök vid University of Iowa planterades poppel i strandvegetationszonen intill ett odlingsfält, och visade sig med framgång ta upp nitratkväve från jord och grundvatten. Kvävekoncentration i grundvattnet i kanten av ett fält var 150 mg/l, under en poppel-buffertremsa 8 mg/l och vid kanten av vattendraget 3 mg/l (EPA 2000).

Hur planerar man för fytoremediering?

För att fytoremediering ska vara genomförbart krävs noggrann planering. De första frågorna som bör undersökas är vilka fytoremedieringsmetoder som är möjliga på platsen, huruvida metoden är en effektiv och ekonomisk lösning, och vad som krävs för att genomföra den. Därtill måste platsen ha vissa grundförutsättningar (EPA 2000).

Till att börja med måste man skaffa sig en bra uppfattning om platsen och föroreningsituationen, sedan kan valet av växtmaterial göras. Efter pilotförsök kan man få uppgifter om hur föroreningarna beter sig i växtsystemet, hur hög upptagningshastigheten är och hur stor kapacitet rötterna har. Därefter kan man fastställa ungefär hur lång tid som kommer att krävas för saneringen (McCutcheon & Schnoor 2003). Föroreningarnas totalhalt är egentligen inte avgörande för huruvida fytoremediering kan tillämpas. Det beror mycket på andra faktorer, som ämnenas läge i marken och deras biotillgänglighet. Även markens kemiska förutsättningar och katjonbyteskapaciteten har stor betydelse (Greger 2010).

Vid val av växtmaterial är det många faktorer som måste vägas in. Tillväxthastighet, hårdighet, förmåga att transformera och bryta ner föroreningar, ackumulationskapacitet, tolerans för föroreningar, krav på jorden och abiotiska stressfaktorer som bland annat pHvärde måste tas med i beräkningen (McCutcheon & Schnoor 2003).

Liksom vid all annan hantering av växtmaterial ställs krav på växtplatsen. Klimatiska faktorer som nederbörd, lufttemperatur, solljus, skugga, växtsäsongens längd, vind, samt regionalt och lokalt väder kommer att ha inverkan på hur väl planteringen fungerar (EPA 2000).

I många fall behöver jorden bearbetas för att kunna utgöra

en bättre växtplats. När det gäller gamla industritomter som ska saneras är ofta problemet att markmaterialet endast består av sand, som har mycket dålig vattenhållande förmåga (Greger 2010). Bevattning, gödsling, justering av pHvärde och tillsats av organiskt material är exempel på vanliga åtgärder (McCutcheon & Schnoor 2003). Vid etableringen av växterna måste planteringstiden tas i beaktande, de varmaste och torraste månaderna bör undvikas för att inte etableringen ska misslyckas. Extra bevattning är ofta nödvändigt i etableringsfasen (Greger 2010).

Vid bland annat fytoextraktion tillkommer skötsel aspekter vid skörden av växtmaterialet. På något vis ska skörden samlas in, antingen mekaniskt eller manuellt. Här måste undersökas huruvida det finns hälsorisker för de som utför arbetet, exempelvis vid inandning av giftigt damm eller kontakt med förorenat material. Ytterligare en fråga gäller hur man ska hantera övrigt växtmaterial som löv, grenar och blommor som kan innebära en oförutsägbar spridning via vind eller djur. Rötterna kan vara svåra att helt eliminera från platsen, och kan vara skadliga för andra växter. Vidare måste det skördade materialet omhändertagas och behandlas (McCutcheon & Schnoor 2003).



När gamla industritomter ska saneras är ofta problemet att markmaterialet inte är fördelaktigt som växtplats.
Foto: Vibeke Venden

Fytoremediering



Jordens egenskaper har stor betydelse för växtförutsättningarna och därmed effektiviteten av fytoremediering.

Att tänka på före val av metod

Checklistan nedan visar vad man bör tänka på innan man väljer fytoremedieringsmetod.

- ☐ pH-värde, behöver eventuellt justeras för att tillåta tillväxt.
- ☐ Jordens bördighet och näringsinnehåll.
- ☐ Jordstruktur
- ☐ Salthalt
- ☐ Vatteninnehåll
- ☐ Luftfylld porositet
- ☐ Textur, eftersom det har direkt inverkan på fukthållande förmåga och dränering.
- ☐ Jordtemperatur, har bland annat inverkan på grodd av frön.
- ☐ Fritt jorddjup, avstånd till berggrund eller annat rotstopp.
- ☐ Bevattningsbehov
- ☐ Kontroll av skadegörare som fåglar, betare, insekter. (EPA 2000).

Att tänka på efter val av metod

Checklistan nedan visar vad man bör tänka på efter att man valt fytoremedieringsmetod.

- ☐ Jordförbättring, behövs eventuellt tillsats av mineral- eller organiskt material för att öka bördigheten eller fukthållande kapacitet, eller tillsatser av kelater för att underlätta upptaget av ämnen.
- ☐ Förberedelse av växtbädd och planering av anläggandet. Hur undviker man tex. att jorden dammar vid anläggning?
- ☐ Plantering; planteringsavstånd, tidpunkt, frö/plantor.
- ☐ Underhåll för att hålla pH värde stabilt.
- ☐ Eventuell kompostering
- ☐ Gödsling eller tillsats av organiskt material.
- ☐ Bevattningsutrustning och schema för bevattning
- ☐ Kontroll av skadegörare. Behövs nät mot fåglar och betare, bekämpningsmedel mot insekter?
- ☐ Behov av upptag av växtrester
- ☐ Påverkan och syn från allmänheten samt behov av upplysning. Det kan handla om allt från lukt från växter, jordförbättringsmedel eller föroreningar till att beakta rädsla och misstänksamhet från allmänheten.
- ☐ Hantering av biomassan, det skördade materialet eller övriga växtrester
- ☐ Föroreningens effekt på näringsupptag eller andra toxiska effekter (EPA 2000).

Växtval

En mängd olika sorters växter har visat sig kunna användas vid fytoremediering. Det är speciellt viktigt i Sverige och övriga nordiska länder att tänka på att växterna bör kunna komplettera varandra under varmare och kallare perioder för att få ett bra resultat.

Utgångspunkter för val av art bör vara:

- Växter som visat sig vara effektiva för fytoremediering i forskning eller vid fältförsök.
- Växter som växer på plats, då de har förmåga att klara av föroreningarna.
- Växter som fungerar i det lokala klimatet, rätt växtzon etc. (EPA 2000).

Man kan med fördel använda sig av växtmaterial som redan finns på platsen, men bör då kontrollera hur växterna reagerar på föroreningarna, huruvida de endast tolererar höga halter av föroreningar eller om det är så att en remediering redan sker. På så sätt kan man identifiera nya växter som klarar av att växa på förorenad mark och nya växter som kan bidra som fytoremedierare. Genom att kombinera träd, buskar och gräs kan en varierad miljö för djur skapas och på så sätt kan det bidra till naturliga habitat. Växter som inte fungerar som fytoremedierare kan komplettera och planteras för att ge ytterligare variation. Om man tillför växtmaterial till platsen bör man ha genetiken och ekosystemet i åtanke och hur införandet av en ny art påverkar det befintliga växtmaterialet (EPA 2000).

Utöver dessa utgångspunkter bör man för en effektiv remediering även tänka på:

- Rotdjup och rotutbredning
- Tillväxt
- Transpiration

Rotdjupet påverkar på vilket djup som växterna kan sanera. Användandet av träd är mer effektivt för att nå föroreningar som ligger djupare i marken eftersom deras rötter är mer djupgående än mindre växter. Poppel är ett exempel på ett träd med djupgående rotsystem som gör att de kan nå föroreningar långt ner i marken (Šašek m.fl. 2003). Det är även fördelaktigt med ett rotsystem som har flera fina smårötter då det maximerar kontakten med jorden och därmed föroreningarna. Festuca är ett exempel på en växt med ett sådant rotsystem (EPA 2000).

Även tillväxten påverkar graden av sanering. Vid rhizodegradering, rhizofiltration, och fytostabilisering är det fördelaktigt om tillväxten är god med tanke på rotdjupet och utbredningen, medan det vid fytoextraktion är fördelaktigt om tillväxten på biomassa är stor. Är tillväxten god kan tiden för sanering alltså förkortas (EPA 2000). En av anledningarna till att poppel har använts mycket är just dess snabba tillväxt. De kan vid optimala förhållanden växa 70-100 cm/år (Lagerström 2007). Transpirationen är viktig för de fytoremedieringsmetoder där föroreningen tas upp eller

vid hydralisk kontroll. Transpirationseffektiviteten är beroende på vilken art det är, storlek på krona och på blad, växtens ålder, samt klimatfaktorer. De många variablerna tillsammans med variationen över säsongerna gör det svårt att fastställa transpirationen för olika arter (EPA 2000).

De flesta arter som undersökts i dagsläget är sådana som kommer från jordbruket eller är naturligt förekommande på platsen i fråga. Utforskandet av nya och mer effektiva arter pågår. Detta kan vara av intresse för landskapsarkitekter som arbetar med fytoremediering, då ett mer varierat växtmaterial som även fungerar effektivt kan ge större variation i gestaltningen.

Se bilaga 1 för exempel på växter som ofta används vid fytoremediering.

Fytoremediering



Hantering av förorenat växtmaterial

Fytoextraktion och rhizofiltration bygger på att växtmaterialet skördas säsongsvis. För sådana fytoremedieringsmetoder måste det finnas planer för skörd, förvaring och förbränning av det förorenade växtmaterialet för att inte riskera att de hamnar i näringskedjan. Här bör man dock ta i beaktning att näringskedjan ofta redan exponeras för förorenat material genom de växter som redan finns på platsen. Detta sker även på platser där det inte finns någon vegetation eftersom markorganismer exponeras och därmed bidrar till näringskedjan. Det har även visat sig att vissa växtätare har undvikit att äta växter med en hög nivå av föroreningar. Om det är så att skadliga mängder tas upp i växten kan det vara aktuellt att området stängslas in (EPA 2000).

Hanteringen av det skördade växtmaterialet är en viktig fråga inom fytoremediering, som i vissa fall innebär komplikationer. Växtmaterialet som skickas till förbränning är en energiresurs i sig, och den ekonomiska vinning som det ger skulle kunna lyftas fram som ytterligare en fördel med fytoremediering (McCutcheon & Schnoor 2003). Problemet är att förbränning av förorenat växtmaterial är dyrare än förbränning av vanligt växtmaterial, då det klassas som giftigt avfall (EPA 2000).

Genmodifiering

Inom forskningen kring fytoremediering finns olika uppfattningar om genmodifiering. Många anser att det är en nödvändig utveckling för att göra fytoremedieringen effektivare. Genmodifieringen innebär att man förändrar växtmaterialet genom att skapa så kallade transgena växter som har åtråvärda egenskaper. Teknologins framsteg har enligt vissa en stor roll i att lyfta fram fytoremediering gentemot andra saneringsmetoder. Den effektivitetsökning som gentekniken kan ge fytoremediering uppmärksammas av många, vilket är tydligt i Neil Willeys bok om ämnet (Willey 2007).

Andra hävdar att genmodifieringen inte är nödvändig och vänder sig mot de risker som det innebär. När man plockar gener från växter finns ingen garanti för att man inte får med även andra egenskaper och mekanismer förutom de önskvärda. Den eventuella effektiviseringen som genmodifieringen skulle kunna innebära anses då inte väga upp för risken för de bieffekter som kan uppstå (Greger 2010).

Många anser att genmodifiering är en nödvändig utveckling för att göra fytoremedieringen effektivare.

En utblick i världen

Föroreningssituationen i olika länder skiljer sig stort. Det har flera orsaker, varav en är landets historia av industri. De flesta av våra föroreningar har som tidigare nämnts tillkommit efter industrialiseringen. I Sverige har vi en kort historia av industri om man jämför med vissa andra länder där den kan motsvara många hundra år. De länder som var först med att uppmärksamma miljöproblemen var Nederländerna och Tyskland, vilka båda genomgick industrialismen tidigare än vi i Sverige. Inventeringen av förorenade områden görs i olika stor omfattning i olika länder, och definieringen av vad som är ett område med föroreningsproblem varierar (Andersson m.fl. 2003a).

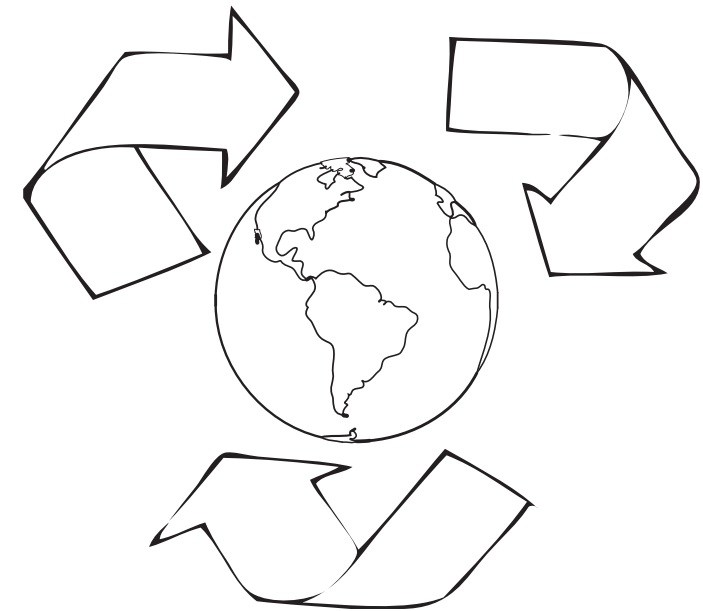
I Sverige ses fytoremediering ännu som en relativt ny och utforskad metod, även då forsknings bedrivs på ämnet och försök har utförts både i laboratorier och i fält. Vi har under arbetet haft kontakt med Maria Greger som forskar vid Botaniska institutionen, Stockholms universitet. Hon är specialiserad inom fytoremediering och har utfört ett antal fältförsök med goda resultat (Greger 2010). I bland annat USA har man kommit mycket längre i att tillämpa fytoremediering. En av orsakerna sägs vara att föroreningarna där i många fall täcker mycket stora ytor, vilket gör det i princip omöjligt att schakta bort hela massor som vi i högre grad gör i Sverige. Man har därmed blivit tvungen att acceptera den långa tidshorisonten som fytoremediering kräver. I Danmark är föroreningarna tväremot läget i USA ofta spridda över mindre ytor, vilket i stället underlättar för schaktningsmetoden. Trots det är fytoremediering en mer utbredd metod även i Danmark (Bonde m. fl. 2002).

I USA har försvarsdepartementet och Environmental Protection Agency, motsvarande Naturvårdsverket, gått ihop för att utveckla användandet av fytoremediering

vid storskaliga saneringsprojekt (Brown 2005). Där har utvecklingen börjat ta klivet ut till kommersiella projekt och alltså inte bara på forskningsnivå. År 2000 hade man i USA tillämpat fytoremediering på ca 200 platser, i både kommersiella och demonstrationssyften (Glass 1999). Även i Kina har man kommit långt med forskning om fytoremediering. Man investerar stora summor pengar i forskningen och en rad vetenskapliga publikationer har getts ut, vilket lockar forskare från andra länder. Metoden har uppmärksammats av kinesiska regeringen och det finns finansieringsbidrag att få för att tillämpa fytoremediering (Willey 2007).

För att metoden ska få ökad användning verkar det krävas påtryckningar från myndigheter. Så är fallet när den gäller den kommersiella användningen av fytoremediering i Australien, och som tidigare nämnts USA och Kina (Willey 2007). Efter olyckan i Tjernobyl har man i Ukraina genomfört stora fytoremedieringsprojekt där man bland annat planterat hela fält med solros för att ta upp radio-nukleider (UNEP 2010).

Att fytoremediering väcker ett globalt intresse beror till stor del på dess kostnadseffektivitet och låga krav på teknisk utrustning (Willey 2007).



Fytoremediering

Landskapsarkitekter och fytoremediering

I de flesta fall tycks det vara ingenjörer som ansvarar för arbetet med fytoremediering, men det finns exempel på projekt där även landskapsarkitekter varit involverade. Steven Rock, som själv är ingenjör och verksam inom sanering av förorenad mark skriver "Landskapsarkitektur och ingenjörskonst inom sanering är besläktade ämnen, enade med gemensamma mål, men påfallande skillnader i språk, tekniker och tankevanor". Han beskriver hur en ingenjör och en landskapsarkitekt kan stå vid samma plats men se olika saker. Generaliserat menar han att landskapsarkitekten ser landskapet och dess mönster och kvalitéer, medan ingenjören intresserar sig för grundvattenflöden och koncentrationerna av föroreningarna i marken. De olika yrkeskategorierna ser med sina skilda infallsvinklar säkerligen även olika former av problem eller begränsningar i arbetet. För en ingenjör kan fytoremediering vara mindre tillförlitligt och svårare att förutse än andra saneringsmetoder. Landskapsarkitekten å sin sida kan se begränsningar i det växtmaterial och placering av växter som krävs för att uppnå saneringsmålen. Det som förenar dem båda är ett gemensamt mål, att göra ett tidigare kanske övergivet, otillgängligt och farligt område till en funktionell, integrerad och estetiskt tilltalande plats (Kirkwood 2001).

Landskapsarkitekter och ingenjörer har alltså en stor möjlighet att komplettera varandra i den här typen av arbeten, med deras olika kunskapsfält och infallsvinklar. Detta skapar goda förutsättningar för att saneringsmetoder såsom fytoremediering ska kunna planeras och genomföras på ett effektivt sätt, samtidigt som man på vägens gång kan skapa attraktiva och rekreativa platser.

Oftast är det tyvärr så att landskapsarkitekten kommer in sent i processen och att saneringen redan är färdigplanerad. Landskapsarkitektens arbete blir, så att säga, att börja

måla på en ren duk, istället för att integrera sitt kunnande redan vid saneringen. En av förespråkarna för detta är professor Niall Kirkwood vid Harvard University, Graduate School of Design. Han menar just att om de båda områdena integrerades mer med varandra skulle inte platsen behöva vara helt sanerad innan den kan komma till användning. En metod som fytoremediering har andra värden än bara de rent sanerande eftersom växternas andra egenskaper och användningsområden kan utnyttjas. Växtmaterial kan förutom saneringsfunktionen till exempel även fungera som rumsbildare och tillföra ett estetiskt värde. Rock skriver "Att finna ny användning för ett gammalt verktyg är essensen av innovativ teknik, att finna dubbel användning är ännu bättre" (Kirkwood 2001). Växter har länge använts för att försköna områden, för att skapa rum och ge skugga. Nu kan de användas även för att sanera mark, så varför inte kombinera växternas egenskaper? Och när det gäller att arbeta med växtmaterial och gestaltning av platser har naturligtvis landskapsarkitekten sin självklara roll!

Landskapsarkitekten Pamela Brown skrev 2005 arbetet 'Phytoremediation: A New Avenue for Landscape Architecture', under hennes studier vid California State Polytechnic University. Hon hävdar däri att fytoremediering kan vara en nytt arbetsområde för landskapsarkitekter. Fytoremedieringsprojekt innefattar en stor bredd av kunskapsområden och skulle enligt Brown vinna på att ha en landskapsarkitekt som projektledare och samordnare av markvetenskapsexperter, geologer, hydrologer och ingenjörer (Brown 2005). Så hur mycket kunskap om fytoremediering måste man då som landskapsarkitekt ha? För att kunna inneha ledarrollen krävs enligt Brown åtminstone grundläggande kunskap om ämnet. Kunskapen är även en förutsättning för att man som landskapsarkitekt ska kunna involveras tidigt i ett projekt och delta i en gestaltungsfas som

annars blir miljöingenjörens ansvar. Brown hävdar att landskapsarkitekten i sådana projekt har en möjlighet att visa yrkets kapacitet att möta krav och förväntningar på framtiden. Enligt henne finns i arbetet med förorenade ytor ett behov av en yrkesgrupp med kreativitet, förutseende, förståelse och kunskap, och menar att detta kan vara landskapsarkitekten (Brown 2005).

Landskapsarkitekter har en bred utbildning som spänner över ett stort spektra, både vad gäller kunskap och skala. Vår grundläggande kunskap inom markvetenskap, vår förståelse för rum och grönskans betydelse, människors rekreativa behov, samt vår förmåga att planera långsiktigt ger oss en stor möjlighet att ta oss an fytoremediering som metod. Växters sanerande förmåga blir för landskapsarkitekten ytterligare ett verktyg i verktygslådan. Ett verktyg att använda vid rätt förutsättningar och utveckla tillsammans med andra yrkesgrupper som arbetar med landskap.

Sammanfattning

Begreppet fytoremediering rymmer ett antal olika metoder som bygger på att växter tar upp, omvandlar eller stabiliserar föroreningar. Processen sker utifrån växtens naturliga biologiska, kemiska och fysiologiska aktiviteter och är mycket hållbar ur miljösynpunkt. Eftersom metoden kan tillämpas på plats undviks transporter samtidigt som markstrukturen bibehålls och växtligheten kan utgöra livsmiljöer för djur.

Fytoremediering är en långsam metod och förbises därför ofta som ett alternativ då markägare vill att saneringen ska gå fort. I jämförelse med andra saneringsmetoder är det en billig lösning där kostnaderna utgörs av markberedning, växtmaterial, plantering och skötsel.

Det finns möjligheter att med nyttjandet av fytoremediering skapa estetiskt tilltalande rekreativa miljöer. Grönytan som skapas kan ges andra syften utöver saneringen. I de ofta stadsnära lägen som det handlar om finns generellt ett behov av parkytor. Metoden kan dessutom ge möjligheter att visuellt integrera de tidigare outnyttjade ytorna i den befintliga landskapsbilden.

I de fytoremedieringsprojekt som genomförs idag har ingenjörer ofta en ledande roll. För att lyfta ytterligare aspekter av fytoremediering skulle en landskapsarkitekt kunna inneha projektledarrollen. Landskapsarkitektens och ingenjörens olika infallsvinklar kan vara en tillgång om de båda har ett gemensamt mål, att göra ett tidigare kanske övergivet, otillgängligt och farligt område till ett funktionellt, integrerat och estetiskt tilltalande plats. Professor Niall Kirkwood vid Harvard University hävdar att en stor fördel med att integrera de två områdena är att det kan leda till att en plats kan användas även innan den är helt sanerad.



Hur ser situationen ut idag vid gestaltning av tidigare industriområden, så kallad brownfield planning? Hur har fytoremediering använts i gestaltningssammanhang?



I Landschaftspark Duisburg-Nord har landskapsarkitekten Peter Latz strävat efter att med gestaltningen lyfta det gamla stålverkets historia av industri.

Gestaltningideal och principer för industriella landskap

Idag talas det i stadsplaneringssammanhang mycket om att bygga det "hållbara samhället". Så vad är egentligen ett hållbart samhälle? En definition är ett samhälle som utöver att fungera för människor idag, även fungerar för morgondagens människor. En av vägarna mot ett hållbart samhälle kan därför, som vi tidigare skrivit, vara att ta tillvara och sanera skadad mark för ny exploatering. Eftersom intresset för exploatering av dessa, så kallade brownfields är stort är frågan om hantering av deras industriella spår mycket aktuell (Thompson m.fl. 2007).

Hur arbetar man då med brownfields i gestaltningsprocessen? Hur väljer man att hantera platsens historia, vill man lyfta fram eller dölja spåren från tidigare verksamhet? Vad vill man att ytan ska förmedla? Platsens historia är en viktig pusselbit inför den, för brownfields oftast, nödvändiga saneringen. Tidigare verksamheter och användning av platsen kan ge ledtrådar till vilken form av föroreningar man kan tänkas stöta på och behöva ta itu med (Thompson m.fl. 2007).

Platsens historia har dessutom ett kulturellt värde och är talande för vårt samhälles utveckling. Den radikala övergången från industrisamhälle till informationssamhälle har gått fort och har lämnat många övergivna industriella ytor efter sig (Weilacher 2008). Kjell Nilsson skrev 1988 sin avhandling 'Industri möter landskap', där han resonerar kring hur man kan hantera industriella ingrepp i landskapet och hur man upplever mötet mellan det industriella objektet och landskapet. Enligt Nilsson hade målsättningen i Sverige länge varit att dölja industriella anläggningar, medan han själv hävdade att den bästa vägen är att "exponera men förankra" (Nilsson 1988). Målet med gestaltningen av en postindustriell plats kan vara att

integrera den både visuellt och ekologiskt med dess omgivning, som i Nilssons "förankring". Att sträva efter att återställa platsen till dess "naturliga" utseende är idag ett mycket ovanligt tillvägagångssätt. Tvärtom strävar man ofta efter att lyfta fram gestaltarens arbete på platsen, att tydliggöra det mänskliga ingripandet (Kirkwood 2001).

I Seattle skapade landskapsarkitekten Richard Haag 1970 en park vid stadens gamla gasverk, ett projekt som då ansågs mycket progressivt. Han fascinerades av platsen och ville fånga dess "spöklika känsla" (Weilacher 2008). De massiva byggnaderna från gasverksproduktionen är intakta, för deras enligt Haag "historiska, estetiska och funktionella värden. Haag fick arbeta hårt för att få allmänheten att se värdet i gasverket (Washington State Department of Ecology 2005). Projektet kan ses som ett av de tidigaste ansatserna till att införliva industriella element i parksammanhang. En annan pionjär inom området är den tyska landskapsarkitekten Peter Latz. Han har under de senaste decennierna blivit hyllad för att arbeta med skadad mark, eller som han kallar det "dåliga platser". Latz framhäver vikten av att lyfta fram platsens historia i stället för att dölja den, och menar att främmande estetik som läggs till över den existerande ytan riskerar att förstöra all den information och de spår av historia som finns på platsen. När Latz arbetade med en ny park i Saarbrücken Harbour Island kom han att göra tre förslag: The landscape garden concept, The geometrical garden och slutligen The syntactical design. Det Latz kallar för syntaktisk design bygger på principen att väva samman strukturella lager, att synliggöra informationsnivåer (Weilacher 2008). Latz beskriver viljan att få det industriella landskapet att tala och har arbetat mycket med att infoga element från tidigare verksamhet i sin nya gestaltning. Dessa

element eller monument fungerar som industriella spår och minnen. Weilacher liknar dem vid de konstgjorda ruiner som i den klassiska engelska parken ska påminna oss om människans förgängliga arbete. Deras mening skulle enligt honom vara att stödja den romantiska bilden av landskapet som ett "sentimentalt element" (Weilacher 2008). Latz har även gestaltat Landschaftspark Duisburg-Nord, som får ses som en trendsättare inom gestaltning av industriella platser. Parken Duisburg-Nord öppnades 1999 efter 10 års arbete med att förvandla stadens nedlagda metallsmältverk till en park. Området täcker 20 ha av tidigare industrimark, med det avvecklade metallsmältverket i mitten. Man har strävat efter att finna nya användningar för de gamla industribyggnaderna. Parken presenteras som en plats som binder samman industrikultur och natur (Landschaftspark 2010). Latz har arbetat med att skapa en förståelse för platsen med informationslager som berättar om dess historia, och framhäver att strukturen är viktigare än formen. Han framhåller hur viktigt det är att acceptera det material som finns på platsen och att arbeta med dem istället för att ta in nytt och placera dem i kategorier av vackert eller fult (Weilacher 2008).

Utöver gamla industriområden utgörs även brownfields av soptippar. De kan med rätt metod omvandlas och integreras i staden. Ett exempel på detta är Staten Island's Fresh Kills Park. Det har tidigare varit en av världens största soptippar och omvandlas nu till den största parken som byggts på 100 år i New York (Thompson m. fl. 2007). Projektet utlystes som en tävling och den vinnande planen ritades av Field Operations landscape architects. Projektet planeras att pågå under de närmaste trettio åren och är uppdelat i tre tioårs perioder. Fokus ligger på att direkt under den första perioden tillgängliggöra området och

Brownfield planning

skapa rekreativa aktiviteter som lockar människor. Parkens ska tillföras nya sociala, kulturella och fysiska aktiviteter, liksom en ny inplanterad flora som ska bidra till att utveckla ett rikt och varierat djurliv. Nya vägar att promenera, cykla, rida eller köra bil på, samt kanotleder ska bidra till att parken kan erbjuda en bredd av upplevelser. Under den nya ytan finns dock föroreningarna kvar. Genom att arbeta med olika lager i marken har föroreningarna kapslats in. Plantering av träd och växtlighet måste därför nogra planeras för att rötter inte ska punktera kapseln. Sanerings-arbetet har även fokuserats på att förhindra läckage samt gasläckor (New York city department of parks and recreation 2010).

Soptippar är exempel på brownfields som inte har de spår och rester från tidigare verksamhet som anses värda att lyfta fram. Det är platser som även de är en del av vår historia, men som i sig inte rymmer exempelvis minnesvärda monument. Gestaltningen och omvandlingen av sådana områden får därför en annan utgångspunkt än gestaltningen av gamla industriområden. På soptippar kan fokus ligga mer på att skapa nya kvalitéer istället för att lyfta fram gamla minnen.

1998 anordnade landskapsarkitekten Niall Kirkwood en utställning med samma namn som hans bok 'Manufactured Sites', vid Harvard University's Graduate School of Design. Här samlades föreläsare inom både ingenjörsk- och designområdet för att lyfta fram ny forskning och projekt där nyskapande teknik för hantering av så kallade "tillverkade" platser tillämpats. Landskapsarkitekten Rebecca Krinke som deltog vid utställningen beskriver i Kirkwoods bok hur målet för många av dessa projekt var att skapa landskap som ifrågasätter förhållandena mellan natur/kultur och det förgångna/nutid, och att engagera folk i de

frågorna. Vidare skriver hon om projekten; "...generellt döljs inte det förgångna, och den mänskliga behandlingen eller felbehandlingen av platsen blir tydlig" (Kirkwood 2001).

Utvecklingen av brownfields är en del i vår tids stadsplanering. Hur vi omhändertar och utvecklar dessa områden, om vi väljer att bevara, dölja eller skapa nytt, kommer bli vår tids avtryck. Kirkwood tror att sanering av brownfields kan ta landskapsarkitektur till "1800-talets vision om att landskapet är stadens kropp och lungor" (Thompson m.fl. 2007).

Gestaltning och fyto Remediering

Eftersom fokus i det här arbetet ligger på att koppla fyto Remediering till vårt yrke som landskapsarkitekter har vi sökt efter projekt där metoden utförts i samband med gestaltning. Ofta är kopplingen mellan gestaltningen och fyto Remedieringen vag. Antingen finns det utförlig information om fyto Remediering men inte om hur den kopplats till gestaltning, eller så finns det utförlig information om gestaltungsideal men inte hur fyto Remedieringen har integrerats i den. Exempel på det sistnämnda är de parker vi beskrivit i föregående avsnitt, Gas works Park och Duisburg-Nord. Båda parkerna nämns ofta när det skrivs om fyto Remediering kopplat till gestaltning av parker. Dock är det mycket svårt att hitta hur och i vilken utsträckning det integrerats i gestaltningen. Trots att det är svårt att hitta information om hur fyto Remediering har använts i Gas Works Park och Duisburg-Nord kan vi konstatera att parkerna trots detta har en roll i att lyfta ämnet fyto Remediering och koppla det samman med gestaltning.

Det finns projekt där kopplingen mellan gestaltning och fyto Remediering är tydligare. En av de första att arbeta med fyto Remediering i USA var konstnären och skulptören Mel Chin. 1989 inledde han ett samarbete med Rufus Chaney som var agronom på US department of Agriculture. Chaney hade under flera år forskat och gjort försök kring växter som tog upp föroreningar. Resultatet av deras samarbete blev Revival Field vid Pig's Eye landfill i St. Paul Minnesota. Ytan på ca 340 m² utformades som en cirkel inuti en fyrkant, med gångar som utgjorde ett kryss i cirkelns mitt. Inom detta område rymdes 96 olika sorters växter vars förmåga att ta upp föroreningar studerades. Under flera år grävdes växterna upp varje vår för att kontrollera deras upptag av olika ämnen. Av studien framkom till exempel att backskärvarfrö (*Thlaspi caerulescens*) tog upp höga halter av zink och kadmium. Arbetet ledde

sedan vidare till att två liknande trädgårdar anlades 1993 i Palmerton, Pennsylvania, och 1998 i Baltimore, Maryland (Thompson m.fl. 2007). Mel Chins arbete visar på ett gott samarbete mellan två olika fält och är alltså ett exempel på att det går att förena gestaltning och fytoremediering. De områden som han arbetade med fungerade dock mer som installationer än parker, då områdena var instängslade.

Fytoremediering har även använts vid gestaltning på mer offentliga platser. Ett sådant projekt utfördes av den danska landskapsarkitekten Vibeke Vende mellan åren 2002 till 2009. Hon gestaltade en skolgård vid Bunche Elementary School i Detroit med inslag av fytoremediering. Projektet är tänkt att fungera som ett inspirerande exempel och användas i pedagogiskt syfte i skolan. I en plantering med solrosor och rödhirs kunde man efter fyra växtsäsonger visa att säkra halter nåtts, enligt EPA (motsvarande Naturvårdsverket). Projektet är mycket intressant av den anledningen att Vendena har visat att fytoremediering är så pass ofarligt om man vidtar åtgärder att det kan tillämpas på en skolgård. Hennes arbete visar att sanering, gestaltning och pedagogik går hand i hand (Vendena 2010).

Ett annat exempel på fytoremedieringens användande i offentliga sammanhang finns i danska Holte. Där har man förvandlat det gamla gasverksområdet till en park. År 2000 planterade man 2500 popplar i regelbundna rader. För att minska risken för kontakt med föroreningarna är marken täckt med ett geomembran med träflis över. Stigar löper genom området och man har anlagt dammar som går centralt genom parken. 2003 kunde man se resultat som visade en tydlig reduktion av cyanid i grundvattnet (Amternes Videncenter for Jordforurening 2003).



Bunche Elementary School är exempel på en gestaltning där fytoremediering har ingått.
Foto: Vibeke Vendena

Sammanfattning

Fytoremediering har en stark koppling till nyexploatering av industriområden eftersom dessa ofta är i behov av sanering. En aspekt i arbetet med att utveckla skadad mark är förutom att sanera platsen från föroreningar och integrera ytan i staden, hur man väljer att hantera platsens historia. Vad vill man att ytan ska förmedla, vill man lyfta fram eller dölja spåren från tidigare verksamhet? Tillvägagångssättet är starkt påverkat av den tid vi lever i och de synsätt som råder.

Människan har idag hjälpmedel som gör det möjligt att på kort tid omforma vad som tagit årtusenden att bygga upp, och det finns olika åsikter om hur man bör gå tillväga vid nyexploatering av industriområden. En riktning bygger på att inte förneka de kvaliteter som exempelvis tidigare industritomter redan besitter i nuläget. Allt beror på hur vi väljer att betrakta landskap som formats av industriella ingrepp.

Niall Kirkwood hävdar att utvecklingen av brownfields är en del i vår tids stadsplanering. Hur vi omhändertar och utvecklar dessa områden, om vi väljer att bevara, dölja eller skapa nytt, kommer att bli vår tids avtryck. Kirkwood tror att sanering av brownfields kan ta landskapsarkitektur till "1800-talets vision om att landskapet är stadens kropp och lungor".



Vad blir resultatet av att koppla samman gestaltning av ett industriellt område med användningen av fytoremediering?



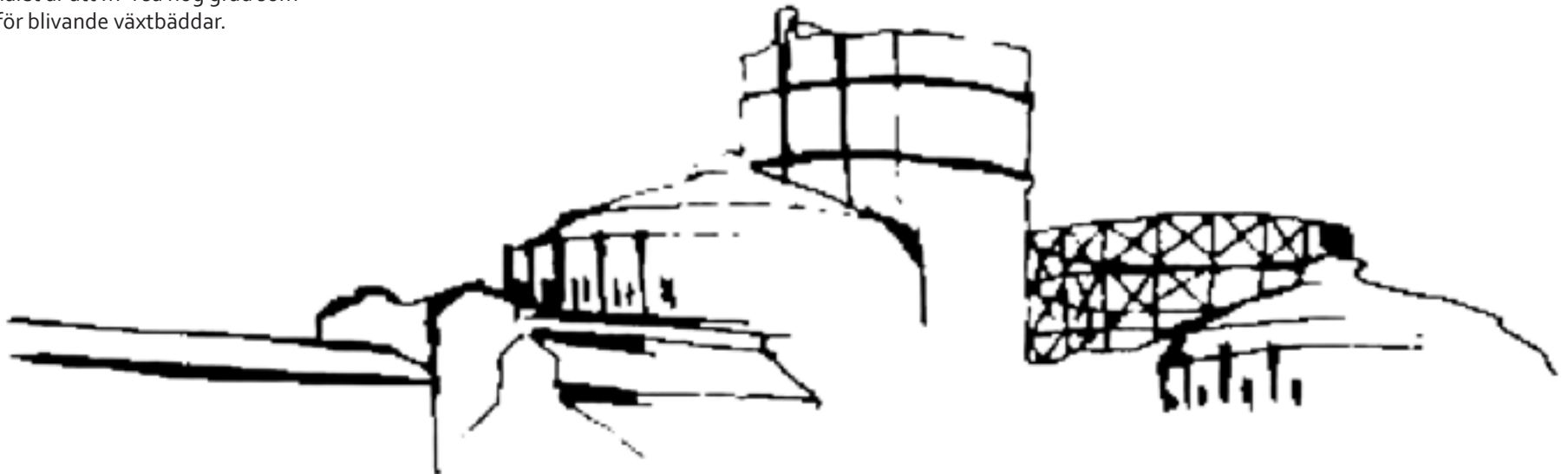
Framför de fyra gasklockorna vid Stockholms gamla gasverk utgör det tidigare kolupplaget ett öppet, långsträckt landskapsrum, där pionjärarter som björk och salix börjat ta sig in.

Introduktion

Stockholm expanderar och som tidigare nämnts är industri- mark i många fall aktuell att bebygga. Det gamla gasverket i Hjorthagen är högaktuellt för stadens expansion, och kräver omfattande saneringsinsatser på grund av tidigare verksamhet. Gasproduktionen har lämnat efter sig en komplicerad föroreningsituation, med både organiska och oorganiska föroreningar.

Stockholms stad har givit den blivande nya stadsdelen en stark miljöprofil, vilket gjorde området ännu mer intressant för oss med vår inriktning på fytoremediering. Ett annat område som skulle ha en stark miljöprofil var Hammarby Sjöstad. Strategin var där att flytta bort de smutsiga massorna för att sedan skapa "den nya bättre världen". Som det ser ut idag kommer man att schakta bort massor även i Hjorthagen, men målet är att m² i så hög grad som möjligt ta tillvara på jord för blivande växtbäddar.

Målet med vårt arbete är att undersöka om det är möjligt att saneringen vid Hjorthagen skulle kunna ha utförts annorlunda. Hur skulle man kunna använda fytoremediering på den här platsen? Och hur skulle en gestaltning för det här området kunna se ut?



Inventering och analys

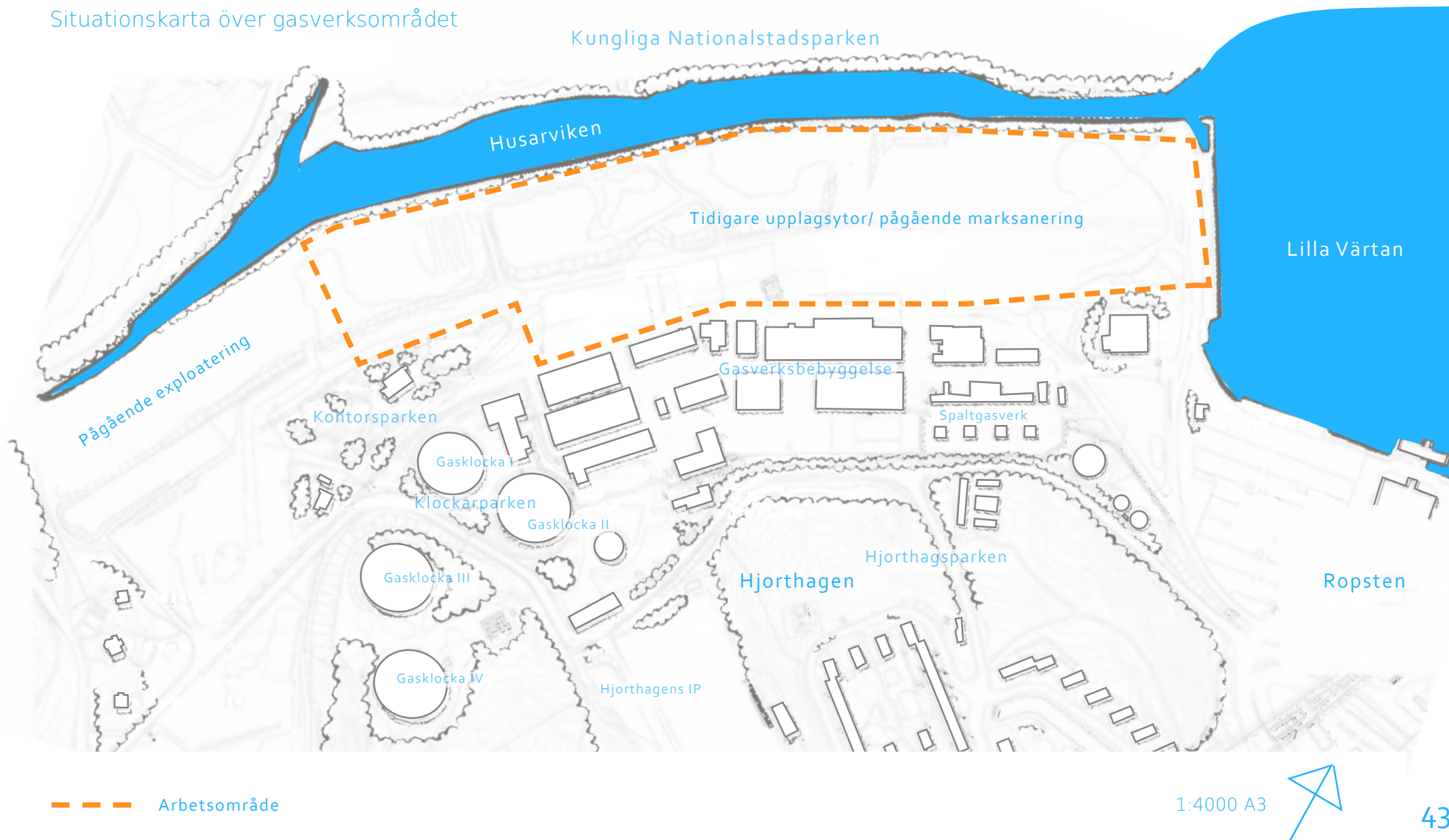
Översiktlig karta



Läge

Det gamla gasverket i Stockholm ligger i Hjorthagen, nordöst om Stockholms innerstad. Området ligger alldeles intill Ropstens tunnelbanestation, med endast 8 minuters cykelväg till centrala Stockholm. Från Lilla Värtan går den smala Husarviken in och utgör en gräns mellan gasverksområdet och den Kungliga nationalstadsparken, som är riksintresse och innehåller bland annat skyddsvärda ekbestånd. I Hjorthagen finns sedan länge bostadsbebyggelse, bland annat gamla arbetarbostäder och det skyddsvärda bostadsområdet Abessinien med lamellhus från 30-talet.

Situationskarta över gasverksområdet



Inventering och analys



Upplagsplatsen vid gasverket i början av 1900-talet.
(Stockholms stadsarkiv)



Hamnen vid värtagasverket 1899
(Stockholms stadsarkiv)

Platsens historia

I slutet av 1800-talet ökade efterfrågan på gas i Stockholm. Ett beslut togs därför 1889 att bygga ett nytt gasverk i Hjorthagen. Området var då till stor del naturmark och valdes ut som lämplig eftersom det fanns goda expansionsmöjligheter samt bra hamnförhållanden och järnvägsförbindelser (Hultman 1928). Ansvarig arkitekt för området var Ferdinand Boberg som ritade generalplanen för området samt alla dess byggnader. Planen var att gasverket skulle byggas ut i totalt fyra etapper (Stockholms stadsmuseum 1984).

Den grundläggande planstrukturen i området byggde på gastillverkningens produktionslinje och gav därför området en stark öst-västlig riktning. Råvaran, det vill säga stenkolet, togs emot och lagrades i öster, gasen tillverkades sedan i mitten av området och renades, mättes och slutligen lagrades i väst. Även platsens terräng bearbetades och följde gastillverkningens produktionslinje. Genom sprängning, fyllning och planschaktning skapades tre stycken tydligt terrasserade plan. På det lägsta planet togs råvaran emot i hamnen och senare även lagrades, på det mittersta fanns produktionsbyggnaderna och på det översta planet mätarhuset och gasklockorna (Ahlzell 1897). Det enda område som lämnades orört vid schaktningen var en kulle där kontoret placerades. På kullen anlade man sedan kontorsparken som skulle vara ett dekorativt och representativt inslag i området men även förbättra arbetsmiljön. Området vid gasklockorna utformades även de som representativa parkmiljöer (Konsthögskolans arkitekturskola 2006).

Under det första utbyggnadssteget följdes Bobergs generalplan. Den första etappen stod klar 1893 och omfattade en gasklocka och ett tiotal hus. Utbyggnaden av gasverks-området fortsatte och mellan 1893 och 1901

tillkom till exempel gasverkets egen kolhamn, ytterligare en gasklocka och en ammoniakfabrik. Även då följdes generalplanen till stor del, men den ständiga teknikutvecklingen gjorde under åren att planen kom att kraftigt modifieras (Stockholms stadsmuseum 1984).

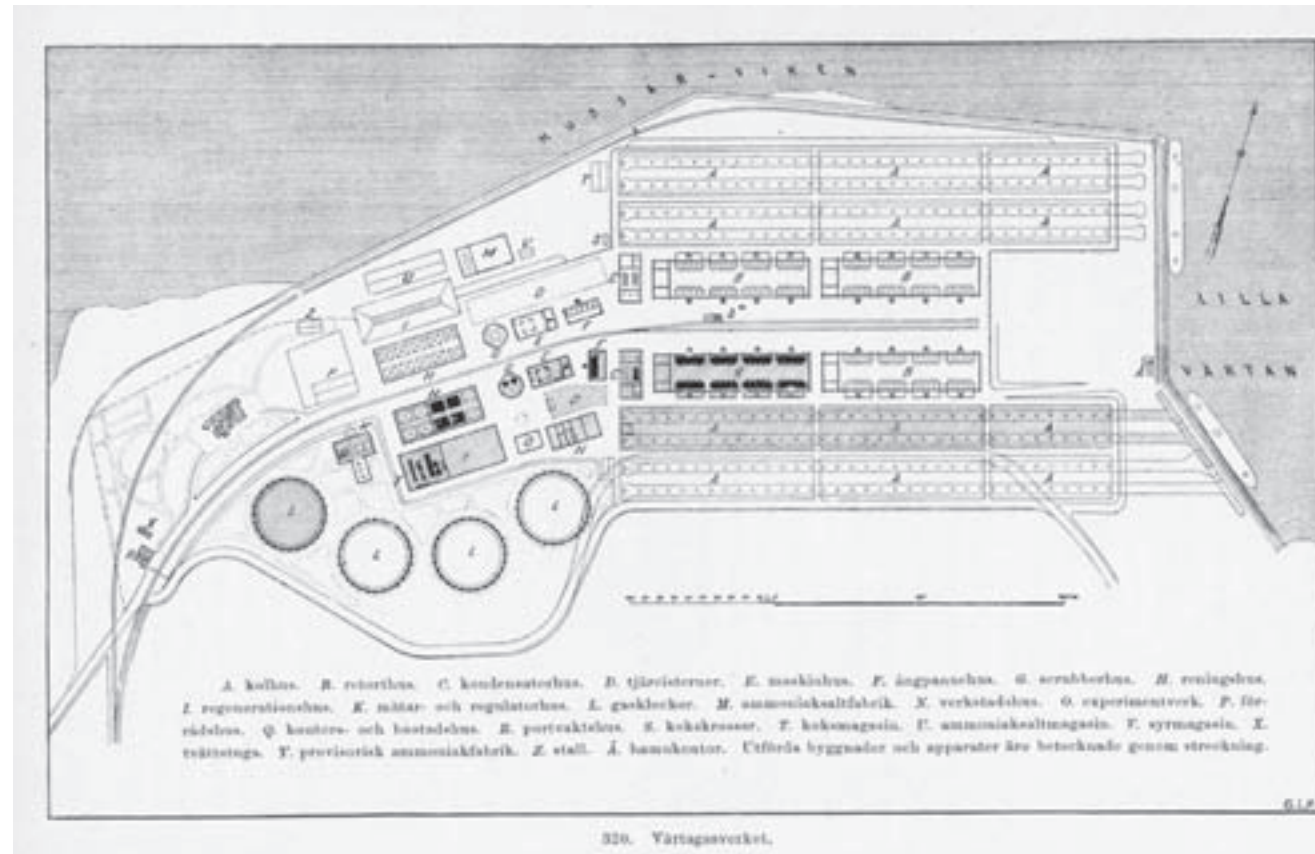
1905 utvidgades hamnen och kolet började lagras utomhus utmed Husarviken istället för i kolhusen. Därmed förlorade kolhusen sin funktion och började istället användas som förrådsbyggnader (Konsthögskolans arkitekturskola 2006). Den tredje gasklockan byggdes 1912 och hade inte samma tegelskal som övriga gasklockor (Hultman 1928). De flesta andra byggnader som tillkom låg dock nära den ursprungliga gestaltningen som Boberg gjort och var ritade av arkitekten Hjalmar Westlund. Mellan åren 1905-1918 förändrades områdets karaktär. Från att ha varit ett välorganiserat område som följde generalplanen, blev tekniken och effektiviteten i anläggningen mer betydande och styrde utformningen av området i högre grad (Stockholms stadsmuseum 1984).

Under 1930-talet ökade produktionen. En ny gasklocka med större lagringsmöjligheter byggdes och stod klar 1932. Eftersom kolhusen mist sin funktion revs de flesta under 30-talet. Däremot behövdes det mer upplagringsplats för kol. Successivt fylldes därför Husarviken igen, vilket gjorde att den blev allt smalare (Konsthögskolans arkitekturskola 2006). Även kontorsparkens utbredning minskade under 1930-talet till förmån för upplagsområdet och nya järnvägsspår och vägar (Nyréns Arkitektkontor 2010). Under krigstiden gick gasverket på sparlåga vilket gjorde att underhållet av industrin blev eftersatt. Efter 1945 ökade gasförbrukningen igen och i kombination med slitaget på byggnaderna blev en förnyelse av gasverket nödvändig. Mellan 1947-1954 skedde en rad ny- och ombyggnader på

området. Värtaverket var vid den här tiden en av de modernaste gasanläggningarna i Europa (Konsthögskolans arkitekturskola 2006).

Under 60-talet började gasverket dock att framstå som omodernt. Hanteringen av biprodukter blev mindre lönsamt och man började därför undersöka en alternativ utvinningsprocess av gas. Beslut togs om att bygga ett så kallat spaltgasverk där gas kunde utvinnas ur lättbensin. Spaltgasverket invigdes hösten 1971 och året därefter lades kolgasverket ner. Tillverkningen av koks och andra biprodukter upphörde. Upplagsplatsen för kol blev därmed överflödigt. Minskad användning gjorde att spontan växtlighet tog sig in i området och det förvandlades till ett ruderalområde (Stockholms stadsmuseum 1984).

Under 70-talets oljekris blev lättbensinen dyr och verksamheten blev därför mindre lönsam. På 1970 och 1980 talet revs stora delar av den tidigare produktionsanläggningen. Kammarugnarna försvann, liksom brokranarna och biproduktanläggningen vid Ropsten. 1985 tog kommunfullmäktige ett principbeslut om att lägga ner gasverket inom en 10-års period. Detta sköts dock upp under 80 och 90 talet då efterfrågan ökade och oljepriserna gick ner. Idag är spaltgasverket det enda kvarvarande av sitt slag i Europa. Gastillverkningen sker i privat regi, av Fortum (Konsthögskolans arkitekturskola 2006).



Generalplanen över gasverket vid Värtan. Ritad av Ferdinand Boberg.
(Stockholms stadsarkiv)



Illustrationsplan av Andersson Jönsson.

Exploateringsplaner

Gasverksområdets centrala läge gör det mycket attraktivt för Stockholms expansion. Det planeras bli en del av Norra Djurgårdsstaden, som innefattar Hjorthagen, Värtahamnen, Frihamnen och Loudden. I översiktsplanen från 1999 pekades området ut som en viktig del i arbetet med att "bygga Stockholm inåt" (Stockholms stadsbyggnadskontor 2009). Stockholms stad har tillsammans med en rad företagare tagit fram en vision över området, där man vill nå en karaktär som speglar Stockholms mångfald, med kontor, handel och bostäder. Norra Djurgårdsstaden ska bli en "tillgänglig, dynamisk och klimativänlig stadsdel där boende blandas med företagande, kulturella upplevelser och ett rikt naturliv". År 2030 ska Stockholm ha tagit täten i omställningen till det klimatanpassade samhället, och man har gjort "hållbart stadsbyggande" till ledord för den nya stadsdelen. Man uttrycker en vilja att lyfta fram nya miljötekniska lösningar, och slog i kommunfullmäktige fast att man ska ta tillvara på erfarenheterna från Hammarby Sjöstad. Man kommer att satsa stort på kollektivtrafik och det finns bland annat planer på en spårväg genom området. I visionen beskrivs även området som ett ansikte utåt mot de som kommer in till Stockholm via vattenvägen, eller rättare sagt en "modern, miljövänlig och välkomnande entré". Planer finns på att utöka färje- och kryssningstrafiken vid intilliggande Värtahamnen och Frihamnen. I visionen beskrivs hur Stockholm liksom andra storstäder måste kunna hantera utmaningen att förena den snabbt växande staden med höga miljömässiga ambitioner. Bostadsområdet vid gamla gasverket byggs på tidigare exploaterad mark, och kommer att kräva stora saneringsinsatser. I Norra Djurgårdsstaden planerar man att förena storstaden med de värden som gör Stockholm unikt; närheten till vatten och natur (Stockholms stad 2010).

Gällande planer

2007 tog man fram ett fördjupat program för Hjorthagen, som skulle ligga som underlag för kommande detaljplaner och fungera som diskussionsunderlag. Detta har sedan reviderats två gånger, senast 2009. Totalt planeras området att rymma ca 5000 bostäder, tillsammans med service och kommersiella verksamheter. Exploateringen sker etappvis, med första inflyttningen i etapp 1 planerad till år 2011 och etapp 3 år 2016 (Stockholms stadsbyggnadskontor 2009).

Landskapsarkitektkontoret Andersson Jönsson har tagit fram den gällande planen för området. Planen utgörs av en tydlig rutnätstruktur med kvadratiska kvarter. Den gamla huvudgatan behåller sin roll, utökas med en trädallé och kommer att rymma spår- och biltrafik. Kvartersgatorna förses alla med enkla eller dubbla trädtrader. Parkmarken utgörs av en strandpark längs med Husarviken, den gamla Kontorsparken, en mindre park i områdets centrala delar och en långsträckt park som binder samman grönområdet söder om gasverket med Kungliga nationalstadsparken via en bro över Husarviken. En mindre torgyta finns sammankopplad med den centrala parken och en större torgyta finns vid kajen mot Lilla Värtan. En av de två äldre gasklockorna ska byggas om till kulturscen, och en av de nyare planeras lämna plats för ett bostadshus i dess ursprungliga form. Man planerar även för exploatering inom gasverksbebyggelsen och ner mot Ropstens tunnelbanestation (Se illustrationsplan, föregående sida.)

Föroreningssituationen

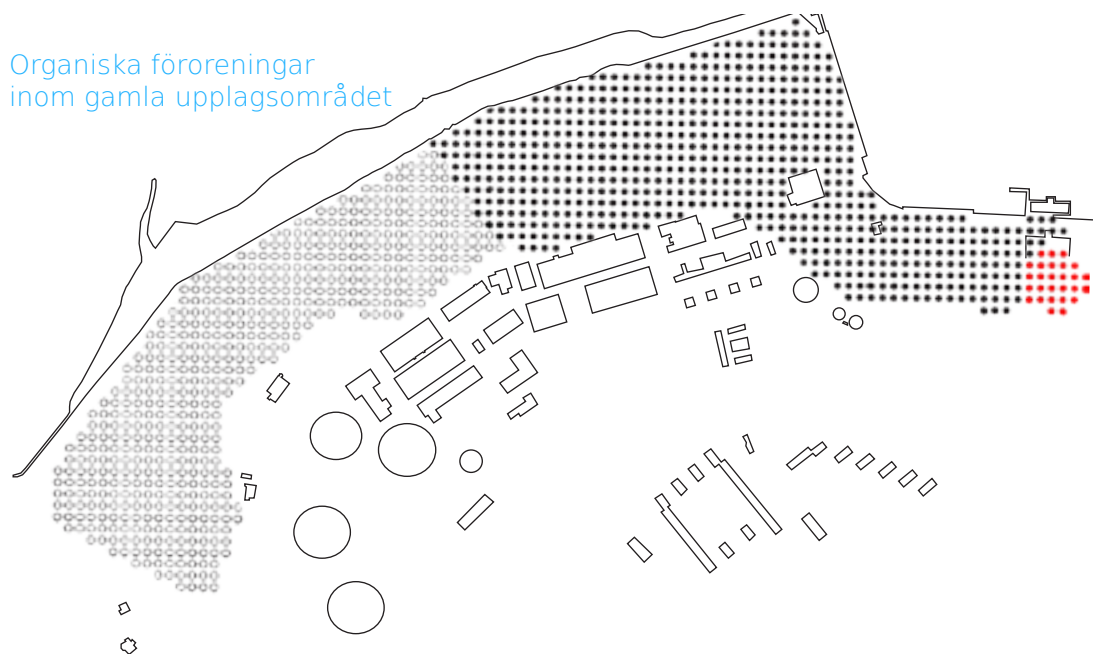
Gasverksproduktionen på området har efterlämnat en rad föroreningar. Genom att ta del av historien om verksamheten kan man få reda på vilken typ av föroreningar man kan stöta på i området.

PAH, polycykliska aromatiska kolväten förekommer överallt där kolväten i olika upphettade former förekommit. Denna typ av förorening kan man finna där man hanterat tjära och koks och även där lagring och transport av sådana ämnen skett. Enklare aromatiska kolväten finns främst i anslutning där man förvarat lättbensin till spaltgasverket. De tungmetaller man kan förväntas hitta i området är tex. kvicksilver, bly och kadmium. Kvicksilver förekommer naturligt i stenkol, bly har tillkommit från tex reparationer och lödningar och kadmium främst från färger och lacker. Förutom gas framställde man på området träimpregneringsmedel (kreosot), vägtjära till vägbyggen, bensen, toluen, xylem, motorolja och olika insektsgifter (Stockholm energi AB 1991, se Andersson m.fl. 2003a). Även en cyanidfabrik har funnits på platsen vilket bidragit till att man kan hitta cyanidföreningar i byggnader och mark (Konsthögskolans arkitekturskola 2006).

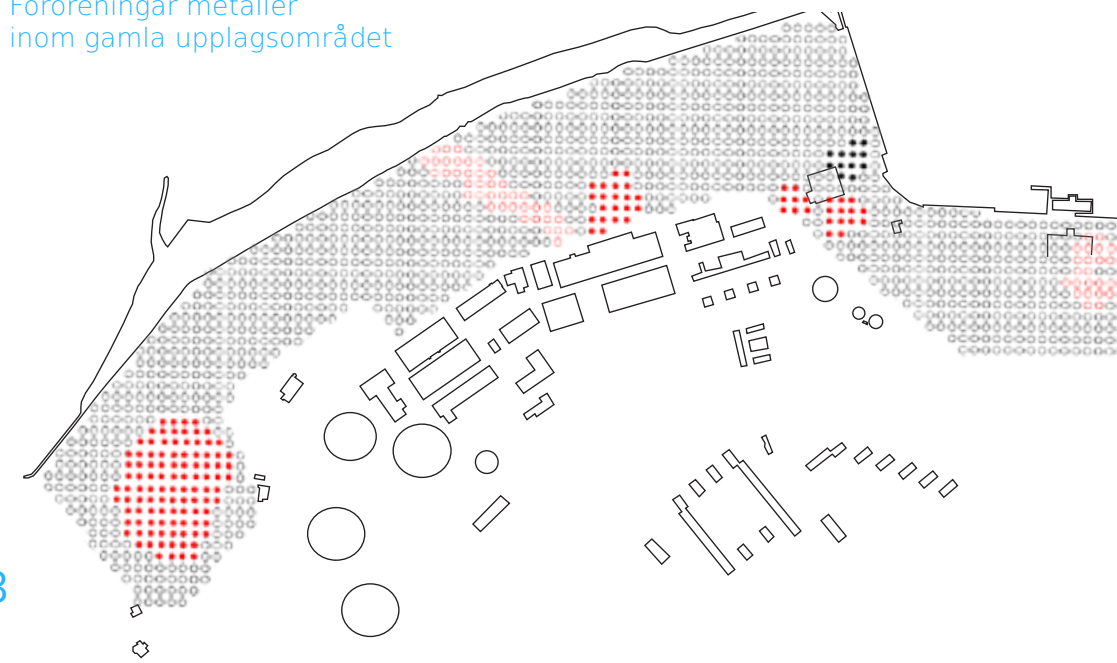
Ytan mellan Husarviken och gasverksbebyggelsen har som tidigare nämnts varit kol- och koksutplag och har idag förhöjda halter av metaller. Men områdets föroreningssituation är diversifierad eftersom marken fyllts ut i omgångar med bland annat biprodukter från gasframställningen (Andersson m.fl. 2003a).

Inventering och analys

Organiska föroreningar
inom gamla upplagsområdet



Föroreningar metaller
inom gamla upplagsområdet



Området har en starkt kuperad berggrund, omgiven av mestadels morän och lera. Eftersom man genom tiderna fyllt ut industritomten med en mängd fyllnadsmassor av olika slag, rör sig grundvattnet mycket oregelbundet. Grundvattennivån följer i princip marknivån, på ca 2 meters djup, men ibland betydligt lägre. Föroreningarna förs via grund- och dagvattnet ut till Husarviken och Lilla Värtan (Andersson m.fl. 2003a).

Föroreningssituationen vid det gamla gasverket är mycket heterogen. I huvudsak varierar värdena mellan KM och 5MKM inom samma yta. Dessa benämningar är framtagna av Naturvårdsverket, och hänvisar till olika typer av markanvändning. KM står för känslig markanvändning, som innebär att människor inom alla åldersgrupper kan vistas permanent på platsen utan att utsättas för fara. MKM står för mindre känslig markanvändning, där marken lämpar sig för industri, kontor, vägar och liknande där värdena kan tillåtas vara högre (Naturvårdsverket 2010d). På vissa platser inom området är föroreningshalterna så höga som fem gånger de tillåtna värdena vid MKM, vilket benämns 5MKM. Vi har försökt tydliggöra situationen genom att märka ut homogena och heterogena områden på kartor för organiska föroreningar respektive metaller.

■■■■ KM= Känslig markanvändning

■■■■ MKM= Mindre känslig markanvändning

■■■■ 5MKM= 5 x halterna i MKM

■■■■ Diversifierat område KM-5MKM



Rumslig analys

Idag bildar det som tidigare var kol- och koksupplag ett långsträckt landskapsrum i öst-västlig riktning. Den öppna rumsbildningen inramas i söder av gasverksbebyggelsen och i norr av den skärm av växtlighet som sträcker sig längs Husarviken.



Övergripande höjdnivåer

Området är uppbyggt i tre tydliga övergripande höjdnivåer. Kol- och koksupplaget utgör den lägsta, gasverksbebyggelsen utgör nästa nivå och gasklockorna bildar tillsammans den högsta nivån, då de förutom sin höga höjd även är placerade på en naturlig höjd. De tydliga nivåerna ger struktur åt platsen och berättar om produktionsprocessen.

Inventering och analys



Upplagsområdet där saneringsarbete idag pågår.



Gasverksområdets tre övergripande höjdnivåer.

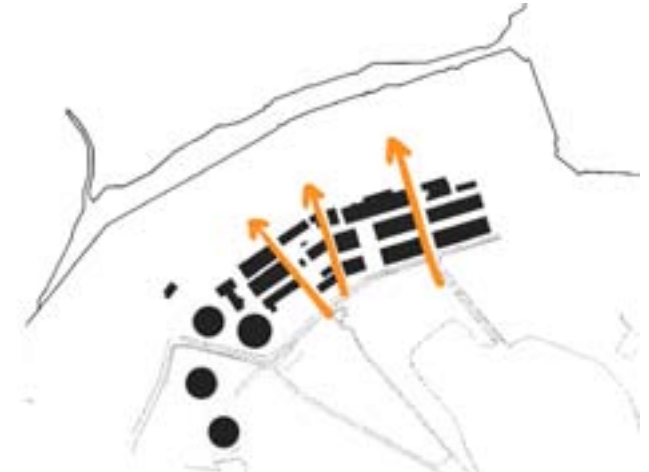
Inventering och analys



Växtligheten vid Husarviken bryter ibland siktlinjerna.

Viktiga siktlinjer

Gasverksbebyggelsen har en tydlig kvartersstruktur, varifrån tre dominerande siktlinjer utgår från gatorna. Siktlinjerna bryts i vissa fall av växtligheten längs Husarviken, men skulle annars ge glimtar av Nationalstadsparken.



De fyra gasklockorna med olika karaktär.

Landmärken

De fyra gasklockorna fungerar som landmärken, de dominerar området och drar med sin mäktiga arkitektur blickarna till sig. Gasklockorna har en klart symbolisk innebörd för gasverket. Den 90 meter höga klockan från 1931 fungerar dessutom som landmärke för större delar av Stockholm. Ytterligare landmärken som syns från området är Kaknästornet på Gärdet och Lidingöbron.





Tidigare spårområde

Under produktionstiden fanns spårväg på området för att kunna transportera varor inom och utom gasverket. Delar av denna finns kvar idag, tydligast längs gångvägen som löper längs Husarviken. Spåren utgör en påminnelse om områdets industrihistoria.



Utmed hamnen finns synliga spår av järnvägen kvar.



Skyddsvärd bebyggelse

Stora delar av gasverksbebyggelsen är skyddsvärda enligt den antikvariska förundersökningen för området, och kommer att skyddsmärkas i detaljplanen.

På området finns även ett fornminnesfynd, i form av en medeltida bytomt alldeles intill kontorsvillan.



En av de gamla byggnaderna som varit del av gasverket.

Inventering och analys



En promenad i Nationalstadsparken, norr om Husarviken.

Gröna samband

Området rymmer gröna områden av skiftande karaktär som är relativt sammanhängande då de ofta genomkorsas av vägar. Gasverksbebyggelsen och det tidigare kol- och koksupplaget utgör ett kraftigt avbrott i grönstrukturen. Kontorsparken, Klockparken och Villa Ekbackens trädgård finns alla kvar sedan gasverkets begynnelse. Söder om området ligger Hjorthagsparken och norr om Husarviken börjar den Kungliga Nationalstadsparken.



Vägen längs med Husarviken används av många cyklister och fotgängare.

Rörelser

Rörelsestråken inom området är mycket uppdelade avseende trafikslag. Biltrafiken leds söder om gasverksbebyggelsen, medan gång- och cykeltrafiken löper längs Husarviken. Trafiken är relativt hög, av alla slag. Gång- och cykelstråket är vara ett populärt rekreationsspår, även norr om Husarviken i Nationalstadsparken. Kring gasverksbebyggelsen är vägarna stängda för allmänheten.





De fyra gasklockorna.



Gasverkets tidigare kol- och koksupplag.



Husarviken sedd västerifrån.

Slutsatser av inventering och analys

Gasverksområdet är en plats med stora kontraster. Där sker ett möte mellan två mycket storskaliga och karaktärsstarka element i form av den imponerande gasverksbebyggelsen och den vidsträckta Kungliga Nationalstadsparken. Det kräver eftertanke i en gestaltning som strävar antingen mot att knyta samman eller skilja dem åt. Att hela gasverksområdet är så välbevarat ger det ett stort kultur- och arkitekturhistoriskt värde. Det berättar om en storskalig industri som försåg hela Stockholms med stadsgas. Byggnaderna tillsammans med den övergripande strukturen ger platsen karaktär och intressanta landmärken.

Det gamla kolupplaget, som nu ska exploateras, är mycket flackt och vidsträckt i öst-västlig riktning, och bildar ett tydligt och öppet landskapsrum. Kalheten och enhetligheten är ett resultat av dess användning, och berättar sin del av gasverkets historia. Ytans enkelhet ger möjligheter att arbeta fritt med gestaltningen, men kräver ett ställningstagande till hanteringen av dess form och innehåll. Under produktionstiden skiftade ytan ständigt i form i takt med att kolupplagen förändrades.

Den tydliga nivåuppbbyggnaden och den flacka upplagsytan ger landskapsrummet en tydlig riktning med långsträckta siktlinjer. Två avskärmande element i form av den täta växtligheten längs Husarviken på ena sidan och gasverksbebyggelsen på den andra sidan förstärker riktningen. Ett element som kan lyftas för att framhäva platsens industrihistoria är delar av den spårväg som finns kvar på området, där produkter transporterades inom och från området. Spåren är synliga främst längs Husarviken.

På tre sidor omges området av grönytor, vilket ger möjlighet till att knyta samman dessa och skapa en sammanhållen grönstruktur. Redan idag är området ett välbesökt strövområde. Närheten till Nationalparken är en styrka och bidrar till att platsen upplevs grönare än den är. Nationalstadsparken rymmer stora biologiska och rekreativa värden. Det avbrott i grönstrukturen som gasverket utgör kan med fördel åtgärdas i en ny gestaltning.

Platsen har en stor styrka i närheten till vattnet, både i form av Husarviken och Lilla Värtan. Mot Lilla Värtan finns förutsättningar för god vattenkontakt med en storslagen utsikt mot Lidingö på andra sidan vattnet. Mot Husarviken kan man förstärka kontakten med vattnet med bryggor eller broar över till Nationalstadsparken.

Området ligger mycket bra till ur kommunikations-synpunkt, med sin närhet till Ropstens tunnelbanestation och bra cykelkommunikationer till Stockholms centrala delar. Det som under gasverkets produktionstid var den stora centralgatan var tänkt att omges av bebyggelse på båda sidor för att skapa en stadslik karaktär. Gatan kan med fördel åter upptas som huvudgata, med möjligheten att kunna bygga vidare på den struktur som redan finns i området.

Oavsett tillvägagångssätt krävs ett medvetet val av förhållningssätt till den struktur som finns idag.

Sammanfattning

Gasverksområdet är en plats med stora kontraster och storskaliga landskapselement. Området innehåller redan en tydlig struktur och uppbyggnad i placering av byggnader, gatunät och siktlinjer. Det innehåller en mängd välbevarade element med en stark historia av industri och kan därmed ses som ett kulturhistoriskt dokument.

Idag bildar det som tidigare var kol- och koksutplag ett långsträckt landskapsrum i öst-västlig riktning. Eftersom ytan inte använts på flera år har växtlighet vandrat in. Ytan i sig innehåller inga industriella spår, men är trots det en del av industrihistorien.

Med platsens historia krävs en rad ställningstaganden i gestaltningen.



Hur skulle en gestaltning som innefattar fyto Remediering kunna utformas för gasverksområdet i Hjorthagen? Kan man skapa intressanta utemiljöer med hjälp av växtmaterialet som används till saneringen? Skulle det resultera i en utformning som skiljer sig från gällande plan? Hur väljer man att hantera platsens industrihistoria?



Vår ambition är att forma en plats som förändras och tillgängliggörs i en process som inte vill dölja vare sig den mänskliga faktorn eller de spår som finns efter industrin.

Gestaltungs-förslag; Succession

Ambitionen med vårt gestaltungs-förslag är att visa hur man skulle kunnat sanera det gamla gasverksområdet i Hjorthagen med hjälp av fyto-remediering. "Hållbart stadsbyggande" är ett ledord för den nya stadsdelen, och vi vill med vårt gestaltungs-arbete visa att fyto-remediering kan vara en del i den utvecklingen. Vårt ämnesval och likaså vår inriktning för gestaltungs-ningen grundades i fascinationen för växternas förmåga att "städa upp" föroreningar. Vi intresserade oss för Hjorthagens historia, där naturmark i ett visst utvecklingsskede exploaterats för att tillgodose Stockholms behov av stadsgas. En exploatering och verksamhet som satte sina spår. Med fyto-remediering som saneringsmetod intas platsen av växter, ett nytt steg i utvecklingen, en succession. När saneringen är genomförd kommer människan återigen att inta platsen och bruka den för nya behov, i det här fallet för stadens expansion.

Vi diskuterade i del fyra de övergripande gestaltungs-idealerna för utveckling av industriella områden. Frågorna cirkulerade kring att antingen dölja och förflytta, eller att lyfta fram och bevara. Parker som Gas Work park i Seattle och Duisburg-Nord i västra Tyskland är exempel på projekt där industriella spår på ett lyckat sätt lyfts fram och integrerats i gestaltungs-ningen. Oavsett hur man ställer sig till frågan om att bevara eller dölja kan det konstateras att dessa parker väckt stor uppmärksamhet och lockar mängder av besökare. Vårt ställningstagande är sådant att det finns stora värden i att synliggöra en plats historia för att behålla eller bygga upp en identitet. Latz har nämnt faran med att främmande estetik läggs över en existerande yta och förstör all den information och de spår av historia som finns på platsen. Vi anser att det är eftersträväns-värt att försöka fånga de element och strukturer som en plats redan innehar och bygga vidare på detta, för att skapa tyngd och en platsförankrad gestaltungs-ning. Därför har vi arbetat med att lyfta fram äldre riktningar, siktlinjer och andra

strukturer samtidigt som de två stadierna då området saneras och är park får lämna sina avtryck i det sista exploateringsskedet. Vi tror liksom Latz att det är positivt att skapa en förståelse för en plats och dess historia. Om inte annat för att förstå oss själva, tider före och vad vår egen mänskliga aktivitet innebär för vår omgivning. De snabba samhällsomvandlingarna och den förmåga vi har att sopa undan spår och skapa nytt kräver eftertanke.

Mötet mellan de starka karaktärerna som både gasverks-bebyggelsen och nationalstadsparken besitter ser vi som en stor tillgång och en möjlighet att skapa en upplevelserik miljö i mötet mellan dem. Gasverkets bebyggelse utgör konkreta minnen av platsens verksamhet och har stor påverkan på gestaltungs-förslaget där vi har valt att ta hänsyn till bebyggelsens struktur, estetik och funktion. Upplagsområdet som vi arbetat med bär även det i högsta grad på industriella minnen, det utgör med sin enkelhet ett tydligt element i landskapsrummet. Industriminna finns på upplagsplatsen, dels i marken i form av föroreningar, och dels i minnet av en plats som stod under ständig förändring med upplagshögar av kol som varierade. Ytan har genom tiden haft en föränderligt utseende då upplagshögarna av koks och kol har varierat i form, vilket vi vill återspegla i gestaltungs-ningen genom det växtmaterial som växer upp och skördas i en pågående process.

Det har under arbetet blivit tydligt att den gröna saneringsmetod som fyto-remediering utgör tar lång tid och kräver en långsiktig planering. Vårt gestaltungs-förslag visar att tidsaspekten inte behöver vara en nackdel, utan att tiden och marken kan tas tillvara under saneringens gång. Här kan göras en koppling till utvecklingen av Fresh kill parks i New York, som vi beskrev i del fyra. Det



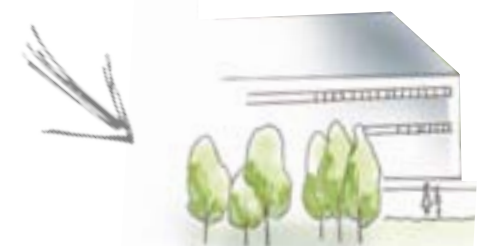
Från friväxande natur...



...till industri ...



...till ordnad natur...



... för att avslutningsvis bli ett tillskott för stadens expansion.

Gestaltningssförslag

Förslagets grundläggande målsättningar är att:

- ☐ skapa en gestaltning med utgångspunkt i platsens föroreningssituation
- ☐ skapa ett intressant och tillgängligt uterum med växtmaterialet som används vid fytoremedieringen, i alla stadier i utvecklingen
- ☐ i ett tidigt skede lägga grunden för en struktur som håller genom projektets alla stadier
- ☐ lyfta fram platsens industrihistoria
- ☐ skapa en koppling mellan de närliggande natur- och industrilandskapen.

är ett projekt som sträcker sig över en lång tidsperiod, där utvecklingen är indelad i etapper. Fokus ligger på att direkt under den första perioden tillgängliggöra området och skapa rekreativa möjligheter som lockar människor. Så är även ambitionen med vår gestaltning. Vissa delar av området ska tillgängliggöras direkt och utvecklingen och öppnandet av parken sker sedan successivt etappvis. Gestaltning är därför indelad i tre stadier, där varje stadie har en speciell funktion i saneringen och utöver det erbjuder upplevelsevärden och rekreationsmöjligheter som gör att ytan kommer till användning. Utvecklingen går från sanering till park för att sedan övergå i ett underlag för detaljplan. Tanken är att vi i ett tidigt stadie bygger en struktur som kan ligga till grund för detaljplanen och på så sätt drar nytta av tidsaspekten.

Växternas återintag av platsen ska i det här fallet inte liknas vid en naturlig, biologisk succession. Slutmålet är inte att låta platsen återgå till enbart växtlighet. Vi strävar inte efter att återskapa ett "naturligt utseende" utan snarare att forma en plats som förändras och tillgängliggörs i en process som inte vill dölja vare sig den mänskliga faktorn eller de spår som finns efter industrin. Det kommer att framgå att det är en gestaltning gjord av människor och för människor. Växtligheten som används till saneringen blir ett sätt att lyfta och samtidigt förvandla föroreningarna till något positivt och estetiskt tilltalande. Genom växterna får föroreningarna form och talar om platsens historia, de blir ett element i gestaltningen. Fytoremedieringen och växternas upptag blir ett sätt att visa föroreningsproblematiken och hur vi hanterar den.

Gestaltningssförslaget är tänkt att fungera som inspiration för ett alternativt tankesätt vid liknande projekt.

Generella riktlinjer för de tre skedena

Metod

De fyto Remedieringsmetoder som involveras i arbetet är fytoextraktion, fytodegradering rhizofiltrering och slutligen fytostabilisering. Utifrån dessa metoder har vi gjort ett växturval där vi sett till växternas fysiologiska och estetiska egenskaper.

Jordbearbetning och plantering

Innan plantering bör en jordutredning av växtplatsen göras. Jordutredningen bör kunna svara på de frågor som redovisas i checklisten på sida 28 i detta arbete.

Efter utredning av ämnenas biotilgänglighet, markens kemiska och fysiska förutsättningar, CEC, pH och annat som har inverkan på hur väl metoden fungerar, fastställs huruvida jorden behöver bearbetas. Det innefattar bland annat gödsling, justering av pH, tillsats av organiskt material och bevattning.

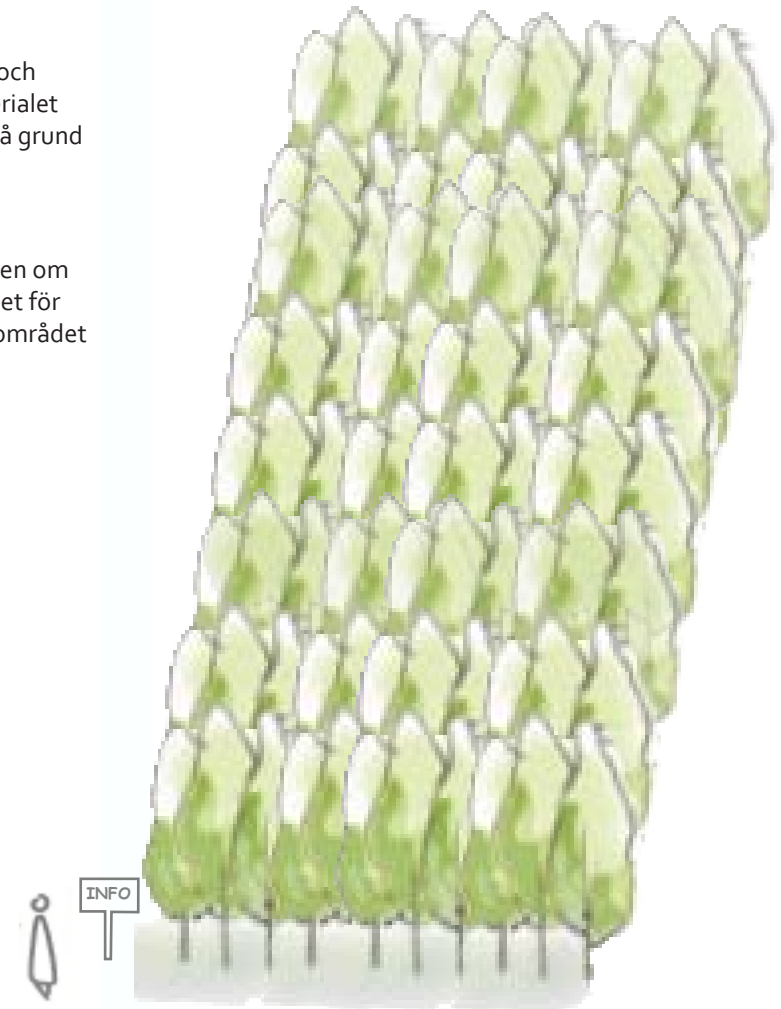
Planteringen sker på våren och bevattning är viktig vid etableringen. Sticklingar används i stället för frö för att snabbt stabilisera jorden och få en tillväxt.

Skörd

Skörden av Salix utförs var tredje år. Vattenväxter och perenner skördas regelbundet. Det skördade materialet kommer att tas om hand som förorenat material på grund av dess halter av föroreningar.

Information

Information om hur fyto Remediering går till och även om projektet och dess stadier skall placeras ut i området för att informera allmänheten. Skyltar placeras ut på området för att informera om projektet.



Information om hur fyto Remediering går till och även om projektet och dess stadier skall placeras ut i området för att informera allmänheten.

Gestaltningssförslag

Osäkerheter och antaganden

Vi har tidigare nämnt att fytoremediering är ett ämne som bör involvera en rad olika yrkeskompetenser. För att vi som landskapsarkitekter ska kunna ta oss an och presentera ett förslag som det här, krävs att vi gör ett antal antaganden i de fall då vi saknar information och kunskap. De visas i tabellen nedan för att förtydliga de förutsättningar som har styrt vårt arbete.

Osäkerheter

Tidsåtgången för att nå acceptabla föroreningshalter med fytoremediering är svår att förutse eftersom det krävs fler forskningsresultat. Som tidigare nämnts kan man efter pilotförsök få mer exakta uppgifter om hur föroreningarna beter sig i växtsystemet, hur hög upptagningshastigheten är och hur stor kapacitet rötterna har. Därefter kan man fastställa ungefär hur lång tid som kommer att krävas för saneringen.

Markförhållanden på den aktuella platsen är osäkra då sådana undersökningar inte än har genomförts.

Föroreningshalterna är eventuellt för höga för att fytoremediering ska vara effektivt.

Risken det kan innebära att växter tar upp föroreningar, att människor och djur exponeras för dem och att de tar sig in i näringskedjan kräver mer forskning.

Antaganden

Eftersom vi inte har haft möjlighet att utföra pilotförsök med det utvalda växtmaterialet måste antaganden göras. Vi gör ett antagande att första och andra skedet kräver 6-7 år vardera. Detta baseras på resultat från de försök vi läst om och då främst det liknande projektet vid gasverket i Holte Danmark, där saneringen beräknats ta 10-20 år.

Vi gör antagandet att markförhållandena är sådana att rötterna har möjlighet att ta sig fram. Vi förutsätter även att de markberedningar som krävs för att skapa bra växtförutsättningar genomförs.

Arbetet är tänkt att fungera som inspiration och kommer inte genomföras. På grund av att platsen är intressant ur exploateringssynpunkt med mera bortser vi från den osäkerheten och gör antagandet att metoden är möjlig.

Vi gör antagandet att de säkerhetsåtgärder vi vidtar är tillräckliga för att förhindra skada, grundat på Maria Gregers ord om riskerna samt resultat från liknande projekt.

Växtval

Under arbetets gång har vi sammanställt de växter som används vid fyto Remediering och sedan sållat fram de växter som skulle fungera vid fyto Remediering i Sverige. Den listan finns sammanställd som bilaga i slutet av detta arbete.

Utifrån den listan har vi sedan sammanställt de arter som kan vara intressanta för vår gestaltning. Då har vi tagit hänsyn till den mycket heterogena förorenings-situationen på området och därför valt arter som tar upp flera typer av föroreningar. Vi har sedan sett till de estetiska kvalitéer och andra funktioner som vi vill att växten ska uppfylla. Ambitionen är att kombinera träd och perenna gräs och blommor för att skapa en varierad miljö. Detta gynnar upplevelsevärden för människor och skapar varierade habitat för djur. Växtligheten är även tänkt att kunna ut-göra en bra bas att bygga vidare på vid exploatering av området.

Detta har sedan resulterat i en växtpalett för varje stadi med grupper av växter som kan användas för att skapa variation i både gestaltning och sanering. Växtpaletten redovisas för varje etapp.



Viola sp., viol
fytoextraktion tungmetaller



Festuca ovina, fårsvingel
fytoextraktion bly



Humulus lupulus, humle
fytoextraktion tungmetaller, PAH



Schizachyrium scoparium, präriegräs
fytoextraktion PAH



Achillea millefolium, rörlila
ackumulering kadmium



Brassica juncea, sareptasenap
fytoextraktion bly, arsenik, nickel



Daucus carota, vildmorot
fytoavdunstning PAH



Armeria maritima, trift
fytoextraktion bly



Hordeum vulgare, korn
fytoextraktion tungmetaller, PAH



Helianthus annuus, solros
fytoextraktion tungmetaller, PAH



Panicum virgatum, jungfruhirs
fytoextraktion PAH



Brassica napus ssp. Napus, raps
fytoextraktion bly, arsenik, nickel



Salix sp., pil
fytoextraktion tungmetaller, PAH



Populus tremula, asp
fytoextraktion bly



Betula pendula, ärtbjörk
fytoextraktion PAH



Allium schoenoprasum, gräslök
ackumulering kadmium



Urtica dioica, nässla
fytoextraktion tungmetaller, PAH



Medicago sativa, lusern (alfalfa)
rhizodegradering, fytoextraktion PAH, fenoler, aromater



Taraxacum officinale, maskros
fytoextraktion tungmetaller, PAH

Gestaltningssförslag

Gestaltningssförslag stadie 1 År 1-6

Illustrationsplan
1:4000 A3



Art

Salix sp.
Betula pendula, vårtbjörk
Helianthus annuus, solros

Hordeum vulgare, korn
Brassica juncea, sareptasenap

Ämnen

Tungmetaller, PAH
PAH
Tungmetaller, PAH

Tungmetaller, PAH
Bly, arsenik, nickel

Metod

Fytoextraktion
Fytodegradering
Fytoextraktion

Fytoextraktion
Fytoextraktion

Upplevelsevärden

Snabb tillväxt och likformighet ger massverkan.
Vacker, karaktärstark stam. Symboliskt värde som invasionsart.
Skapar variation genom form och färg. Förstärker siktlinjen mot byggnaderna men tillåts vandra in i salixfältet för att bryta upp och skapa kontraster.
Skapar variation och förstärker siktlinjer mot byggnader.
Skapar variation genom färg och förstärker siktlinjer mot byggnader.

Snitt
skala 1:1000



Rum

I detta första stadie tas det gamla kolupplaget helt över av växtlighet, en invasion. Hela ytan täcks med vidsträckta fält av Salix. Med det ensartade växtmaterialet är ambitionen att genom stora drag skapa effekt med hjälp av massverkan. Växtridan som löper längs Husarviken bibehålls i sin helhet. Mot gasverksbebyggelsen planteras en dubbel rad av björk. De två linjära elementen förstärker landskapsrummets öst-västliga riktning och förstärker även kontrasten mellan det bebyggda, med prydligt placerade björkar, och det friväxande och vilda utmed Husarviken. Känslan som ska uppnås är att man ska kunna gå från det bebyggda mot det vilda, där de prydligt ordnade Salixfälten är mellanläget, en innovationsart ordnad i tydliga former. För att skapa variation i gestaltningen bryts salixfälten av stråk med annat växtmaterial, som bildar siktlinjer mot utvalda byggnader i det gamla gasverket. De gamla spåren lyfts fram längs gångvägarna och utgör ett minne över produktionstiden.

Landskapet förändras starkt med den nya gestaltningen, men dess ursprungliga form och struktur finns kvar. Den mänskliga handens verk är tydligt, det är inte ett naturligt landskap som försöker återskapas. Redan här läggs grunden för en tydlig struktur i området.



Att röra sig genom...

Rörelse

Den gamla huvudgatan genom gasverksområdet öppnas för gångtrafik. Detta gör att man kommer närmare gasverksbebyggelsen, som länge varit stängd för allmänheten.

Då enkla strukturer dominerar det första skedet blir rörelsen en viktig del i upplevelsen av platsen. Över fälten av Salix leder gallerbroar i linje med gasverksbebyggelsens siktlinjer. Broarna utgår från en höjdlack för att sedan sträcka sig 5 meter över marknivå, just ovanför salixens toppar. De möter på andra sidan fälten gång- och cykelvägen utmed Husarviken. Broarnas material ska samverka med och förstärka platsens historia av industri, där utformningen kan kopplas till de brokranar som en gång fanns på platsen.

För att minska exponeringsrisken av föroreningar öppnas i det här skedet endast ett fåtal gångvägar inom salixfälten. Upplevelsevärden skapas genom den skarpa kontrasten mellan att röra sig genom det täta, slutna salixbeståndet och ovanför det, i ett vidöppet landskapsrum.

På gångvägarna inom salixfälten rör man sig genom ett slutet rum, omgiven av tät, prasslande växtlighet. Motsatsen möter man när man går upp på gallerbroarna som i stället leder ovanför salixens toppar, men vidsträckt utsikt över upplagsytans öppna landskapsrum, gasverksbebyggelsen och nationalstadsparken på andra sidan Husarviken.

Gestaltningssförslag

Fytoremediering

Huvudsyftet är i det här skedet att sanera på djupet. Metoden som i största grad tillämpas är fytoextraktion, för att ta upp föroreningar och senare kunna föra bort dem från området. Salix används på grund av dess höga förmåga att ta upp metaller och PAH:er, tillsammans med dess snabba tillväxt, rotdjup och hårdighet. För att skapa variation och förstärka siktlinjer används även solros, korn och sareptasenap för fytoextraktion. Solros och korn kan liksom salix ta upp olika sorters tungmetaller och PAH:er.

Den dubbla raden av björk som planteras längs den gamla huvudgatan har ett syfte som fyto-degraderare. Björkar har även de snabb tillväxt, högt roddjup, samt förmåga att ta upp stora mängder vatten och uppenbar tolerans för växtplatsen då de växer där idag.

Där tidigare kol och koksopplag kontinuerligt förändrat områdets karaktär tar nu växtligheten vid. Det återkommande skörden av växtmaterialet gör att området fortsätter att skifta i form och karaktär, liksom det gjorde under tiden som kol- och koksopplag.

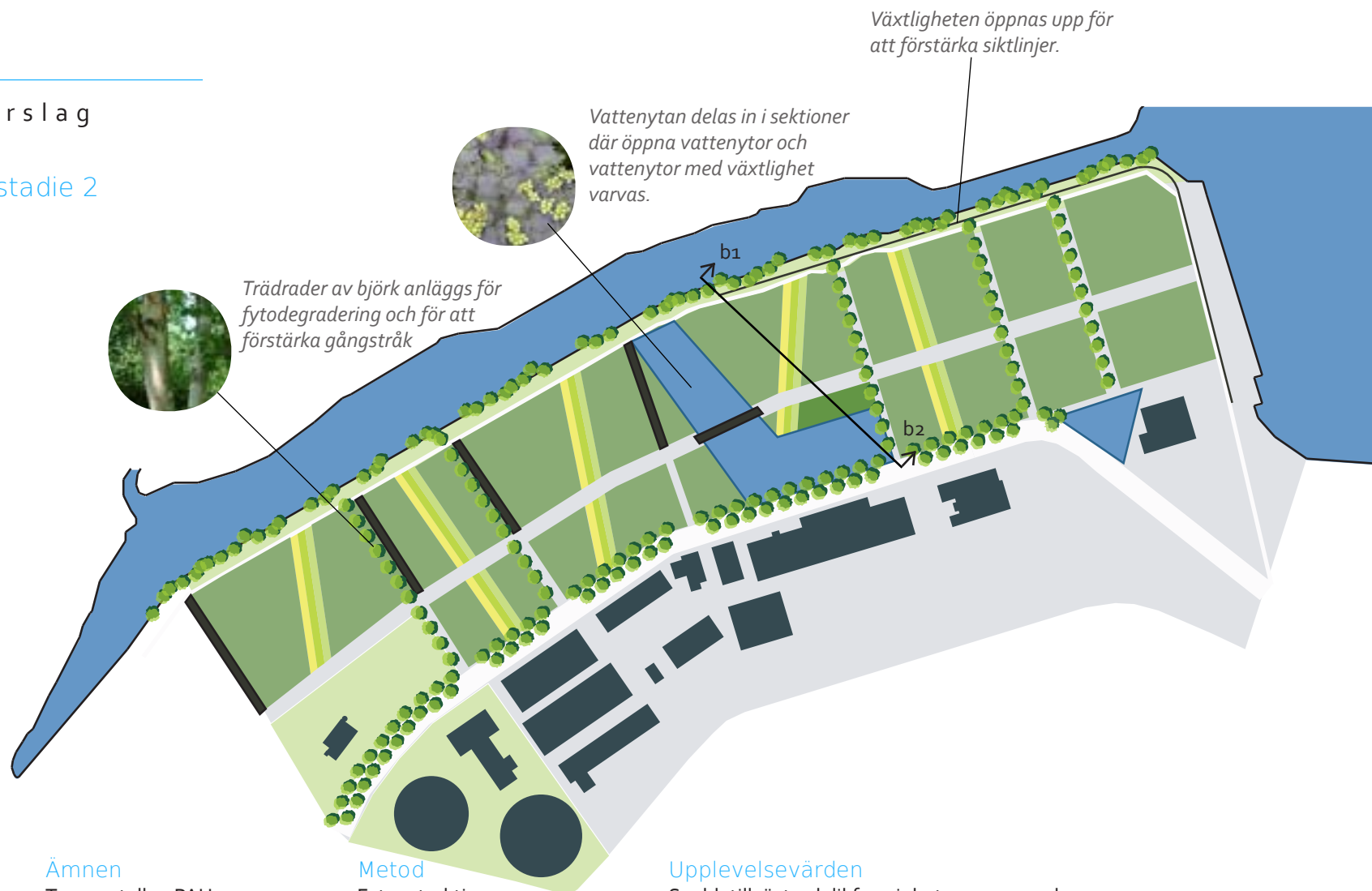


...att röra sig över.

Gestaltningssförslag

Gestaltningssförslag stadie 2 År 7-14

Illustrationsplan
1:4000 A3



Art

Salix sp.
Betula pendula, vårtbjörk

Helianthus annuus, solros

Hordeum vulgare, korn
Brassica juncea, sareptasenap

Carex rostrata, flaskstarr
Lemna minor, andmat

Ämnen

Tungmetaller, PAH
PAH

Tungmetaller, PAH

Tungmetaller, PAH
Bly, arsenik, nickel

Tungmetaller
Tungmetaller

Metod

Fytoextraktion
Fytodegradering

Fytoextraktion

Fytoextraktion
Fytoextraktion, Rhizofiltrering

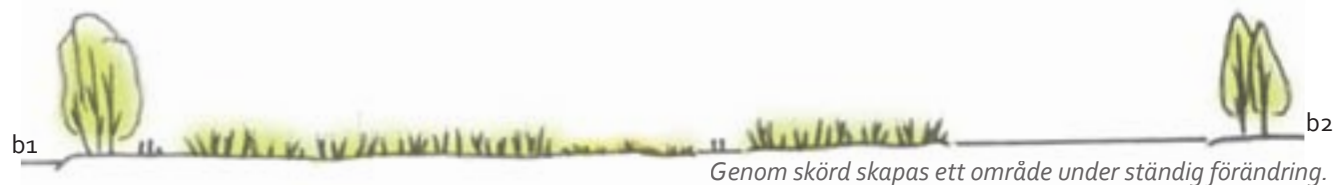
Rhizofiltrering
Rhizofiltrering

Upplevelsevärden

Snabb tillväxt och likformighet ger massverkan.
Vacker, karaktärstark stam. Symboliskt värde som invasionsart.

Skapar variation genom form och färg. Förstärker siktlinjen mot byggnaderna men tillåts vandra in i salixfältet för att bryta upp och skapa kontraster.
Skapar variation och förstärker siktlinjer mot byggnader.
Skapar variation genom färg och förstärker siktlinjer mot byggnader. Används i detta stadie även vid vatten för rhizofiltration.
Kompletterande växt som främst väljs för fytoremediering.
Kompletterande växt som främst väljs för fytoremediering.

Snitt
skala 1:1000



Rum

När den första effektiva fasen av sanering är utförd tas steget mot ett mer varierat uterum och en mer upplevelserik miljö. Här upplever man en parkmiljö med en tydlig struktur i sin utformning. Nya trädader bildar tvärgående linjer över salixfälten och bryter av de stora ensartade ytorna. De drar uppmärksamhet mot Husarviken och gasverksbebyggelsen, där siktlinjer öppnas i björkraderna samt vid den ursprungliga växtligheten utmed Husarviken. Siktlinjerna förstärker kontakten med både Nationalstadsparken och gasverksbebyggelsen. Trädraderna skapar ett nät som ligger över hela området, kopplar samman ytan med gasverkets form och ger hela området en struktur.

För att skapa en mer variationsrik miljö tillförs vattenspeglar på utvalda platser. De fyller en funktion för en annan typ av fyto Remediering, men har även estetiska och upplevelsemässiga värden. För att skapa en effekt och upplevelsevärde indelas vattenytan i sektioner, där växtligheten varvas med öppna vattenspeglar. Detta för att skapa struktur och för att återigen visa att det inte är en naturlig miljö, utan den är anlagd av och för människan.

Strukturen för området växer nu tydligare fram i form av gångvägar och trädader. Ytor för blivande torg och kvartersmark kan urskiljas redan i detta stadiet.

Rörelse

Föroreningshalterna har på grund av fyto Remedieringen minskat. Nu öppnas nya gångvägar i nord sydlig riktning upp i området, grundade på gasverkets kvartersstruktur.

Huvudgatan börjar även förberedas för framtida spår- och biltrafik. De nyöppnade vägarna tillåter ett större flöde av människor.

Fyto Remediering

Salixplanteringarna står kvar i sina nu kvadratiska ytor med avsikten att fortsätta saneringen. Inom områden med mycket höga föroreningshalter läggs markytan under vatten för att tillämpa rhizodegradering med vattenväxter. Eftersom växterna är utvalda för sin sanerande förmåga skapas upplevelsevärden genom deras placering och varandet av öppna vattenytor. Denna indelning är även tänkt att förenkla skörden av växterna.

De fytodegraderande raderna av björk bibehålls men öppnas upp för siktlinjer mot Nationalstadsparken och gasverksbebyggelsen. Kompletterande trädader av björkar planteras även utmed gångvägarna.



Stråken av blommande växter öppnar siktlinjer genom salixfälten och ger glimtar av gasverkets tegelbebyggelse. De skapar orienterbarhet och variation i den annars relativt ensartade växtligheten.

Gestaltningssförslag

Gestaltningssförslag stadie 3

År 14

Illustrationsplan
1:4000 A3



Växtligheten utmed Husarviken bibehålls men kompletteras med ytor av gräs som har en fytodegraderande förmåga.

Plats för kvartersmark.
Gröna innergårdar uppbyggda av växtmaterial som stabiliserar eventuella kvarliggande föroreningar

Blytorget blir ett centralt kombinerat park/torg med öppna siktlinjer mot gasklockorna. En smal vattenspegel blir ett spår av historien då ytan sanerades genom rhizodegradering

Kajen är ett vattennära torg med hamnkaraktär med björkar i hårdgjord yta. Spårrälsen finns kvar, men Sareptasenapen byts ut mot Präiesgräs.

Entrétorget är ett välkomnande torg som leder rörelsen in i området. Liksom på blytorget finns här en smal vattenspegel som blir ett spår av historien då ytan sanerades genom rhizodegradering

Art

Betula pendula, Vårtbjörk

Festuca rubra, rödsvingel.

Schizachyrium scoparium, Präiesgräs

Ämnen

PAH

PAH

PAH

Metod

Fytodegradering

Fytodegradering

Fytodegradering

Upplevelsevärden

Vacker, karaktärstark stam. Symboliskt värde som invasionsart.

Mycket vackert träd i hög ålder. Ger inte tät skugga.

Vanligt förekommande gräs, väljs för fyto Remediering.

Vackert blågrått prydnadsgräs som även får höstfärg.



Rum

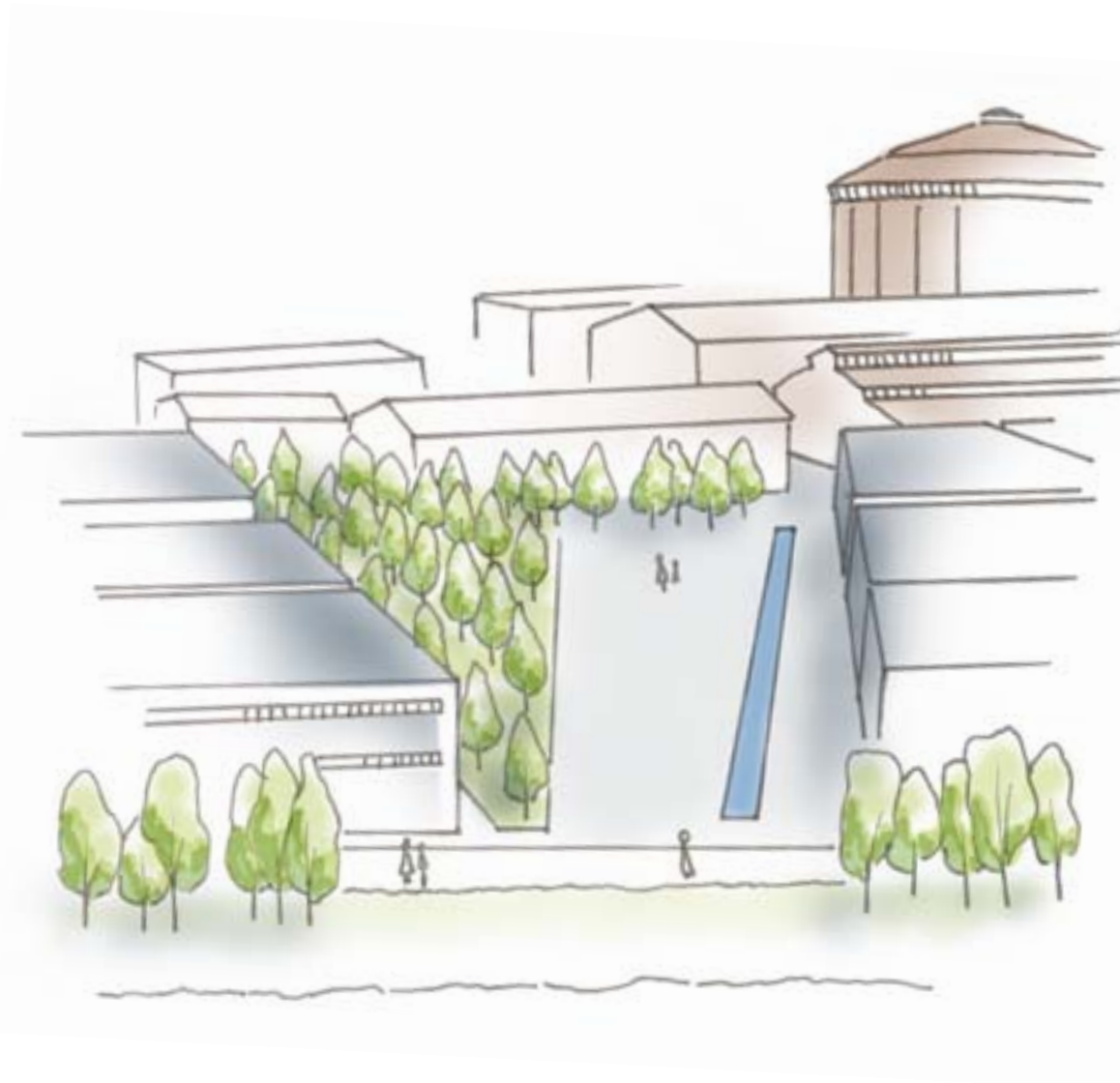
Förslaget visar hur det sista stadiet kan användas som ett underlag för detaljplan och kommande gestaltning av området. Strukturen som har byggts upp i de tidigare stadierna kan nu med fördel utvecklas till kvartersmark, torgytor, parker och gaturum. Kvartersstrukturen i det nya området återkopplar till gasverkshistoriens ursprungliga plan där byggnader var placerade i en rutnätsstruktur. Huvudgatan har återfått sin funktion och är nu omgiven av bebyggelse på båda sidor, som det var tänkt när generalplanen upprättades för området.

Kontor och andra verksamheter bör koncentreras kring de ytor som hade starkast föroreningsproblem, förutsett att det eventuellt finns kvar föroreningar i marken. I övrigt rymms bostäder inom det som är kvartersmark. För att skapa en levande stadsdel vore det positivt att kommersiell och social service inryms i bottenvåningarna. I de gamla gasverksbyggnaderna inryms verksamheter av olika slag. De tidigare vattenytorna föreslås övergå till torgytor. Där kan vattenkanaler bilda spår av den tidigare saneringsarbetet på området, som nu blivit en del av historien.

Växtligheten har redan hunnit växa till sig när exploateringen sker. Trädraderna förtydligar områdets struktur och binder samman det. De är placerade i geometriska former, i hårdgjorda och gröngjorda ytor. Allt syftar till att tydliggöra en övergång mellan industri och natur, att lyfta fram och förstärka kontrasterna på ett fördelaktigt sätt. Broar över Husarviken skapar en koppling till Nationalstadsparken och en närhet till vattnet. Växterna är utvalda för deras fytodegraderande funktioner men skapar även en bra bas för accentväxter.

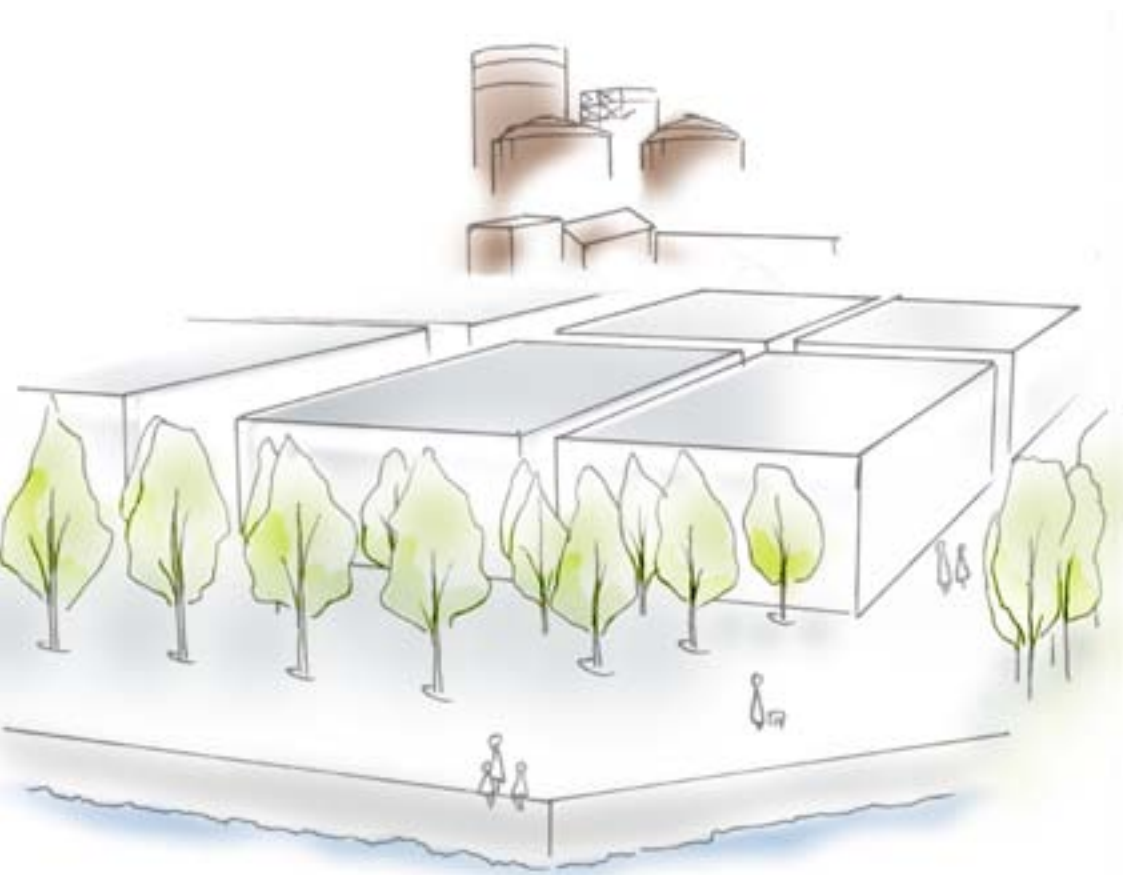
Ambitionen är att låta landskapet vara en bärare av platsens historia, både tiden av industri och tiden av sanering.

Vy 1 över Blytorget



Gestaltningsförslag

Vy 2 över Kajtorget



Rörelse

Rörelse med gång och cykel är sedan flera år tillbaka inarbetad i området, vilket förhoppningsvis skapat en vana av att röra sig inom, till och från platsen till fots eller cykel.

I det här stadiet öppnas huvudgatan för biltrafik och spårtrafik. Siktlinjerna förlängs genom brokonstruktioner över till naturområdet. Förhoppningen är att platsen uppmuntrar förflyttning utan bil och att det därmed bidrar till en levande stadsdel med människor i rörelse av både rekreativa och funktionella skäl.

Fytoremediering

Växtmaterialet som planterats i tidigare skeden är nu uppvuxet och skapar förutsättningar för en välutvecklad grönstruktur i området.

Saneringen anses nu vara utförd till den grad att acceptabla halter nåtts. Träraderna behåller sin funktion som fytodegraderare. För gräsmattor och liknande kan med fördel rödsvingel prioriteras som art då det har en fytodegraderande förmåga. Präriegräs är ett prydnadsgräs som även det fungerar som fytodegraderande. Dessa fytodegraderande växter skapar en bra grund för kompletterande växtlighet.

Bostadsgårdarna utformas i högsta möjliga grad med växtmaterial som fungerar som stabiliserare av föroreningar, och inte ackumulerare, som en säkerhet för eventuella kvarvarande föroreningar.



Hur kan vi som landskapsarkitekter arbeta med fyto Remediering som en del i gestaltningsprocessen och planeringsprocessen?

Hur kan man skapa ett tillgängligt och intressant offentligt uterum med hjälp av växtmaterialet som används vid fyto Remediering?

De här frågorna är de som vi sökt svar på under 20 veckor. I den här avslutande delen ger vi svar och reflekterar över vad vi lärt oss.

Diskussion

Ett nytt område

När vi skulle skriva vårt examensarbete ville vi anta en utmaning. Den utmaningen blev att leta ny mark för landskapsarkitekten och utforska ett relativt nytt ämne för oss och andra landskapsarkitekter; fyto Remediering.

Vi har under studietiden besökt nya bostadsområden, såsom Hammarby Sjöstad, som gått från industriområde till bostadsområde. Ett fenomen som följt oss under utbildningens gång och som troligtvis kommer göra det flera år framöver i takt med att städer expanderar. Under en kurs i markvetenskap fick vi upp ögonen för fyto Remediering och tilltalades av idén att växter kunde städa upp våra gamla industri- och föroreningsytor. Vi ville ta reda på om fyto Remediering skulle kunna vara en del i processen att återanvända förorenad mark. Kan man planera långsiktigt med fyto Remediering och dessutom vinna gröna uterum under saneringsperioden? Är fyto Remediering något för oss landskapsarkitekter och om det är det, hur kan vi i så fall arbeta med det som en del i gestaltnings och planeringsprocessen?

Planering och fyto Remediering

Att nyexploatera ett industriområde, istället för att ta ny mark i anspråk, är som tidigare nämnts positivt ur många aspekter, och en del i arbetet med hållbar utveckling. Fyto Remedieringens styrka är dess förmåga att sanera på ett sätt som är skonsamt för miljön till låga kostnader. Tidsåtgången är dock problematisk i situationer där det krävs snabba lösningar. Det behövs en omställning i

tanksättet kring förorenad mark för att fyto Remediering ska kunna användas i större skala. Där kan vi hämta inspiration från de länder där metoden är utbredd, mycket tack vare påtryckning av högre instanser.

Vi som landskapsarkitekter har en viktig roll i sammanhanget, då vi kan lyfta fram de fördelar som metoden för med sig. Kan man lösa problematiken kring att efterbehandlingsfrågan ofta kommer in sent i planeringsprocessen och att man saknar långsiktighet, skulle en metod som fyto Remediering ge stora vinster. Saneringen kan utföras i ett tidigt skede och behöver därför inte bli lika kostsam som vid andra, snabbare metoder. Tidsaspekten kan, om ämnet tas upp redan tidigt i planeringsprocessen, sättas i förhållande till vad ytan kan erbjuda under sanerings-skedet. Tidsåtgången behöver då inte ses som något negativt. Istället kan man se möjligheterna i att ytan kan börja användas i ett tidigt stadie samtidigt som strukturer för ytans framtida användning kan läggas upp. Rekreationsytor i stadsnära lägen är ofta både behövliga och eftertraktade.

Vi har planerat för att området ska genomgå tre stadier, där området under lång tid fungerar som park, men där strukturer för framtida exploatering läggs upp även under parkstadiet. Det är viktigt att ett förslag som detta kommuniceras och förklaras på ett tydligt sätt. En av orsakerna är den rädsla som kan finnas för att föroreningar exponeras för människor. En del i planeringen är därför att lägga fokus på information till allmänhet, de som ska bruka platsen. Det som är fördelaktigt för fyto Remediering är det faktum att växtlighet generellt uppfattas som något

positivt, vilket kan göra det lättare att introducera som metod. Ett problem som eventuellt kan uppstå är att det väcks motstånd när ytan verkligen ska exploateras, efter att ha fungerat som en rekreationsyta under längre tid. Därför är det viktigt att tidigt informera om de olika stegen i planeringen, och en framtida exploatering av platsen. Det är viktigt att från början tydligt visa att platsen står under förändring och vad de olika stegen innebär. Vår gestaltning värnar om historien, men som vi nämner ovan är det även viktigt att områdets framtid och förändring tydligt kommuniceras i gestaltningen.

Gestaltning och fyto Remediering

I stora drag kan man säga att gestaltning av postindustriella områden handlar om att bevara eller inte bevara. Att sanera området och skapa en ny ren värld utan spår av historien, eller att ha ett bevarandeideal och spara viktiga industriella minnen. Gasverksområdets byggnader är ett vackert inslag på platsen, med stort kulturhistoriskt värde. Att bevara och framhäva dem tedde sig för oss som självklart. Vårt arbetsområde har varit den upplagsplats för kol och koks, som under de senaste 30-åren inte ingått i gasverksproduktionen på området. De industriella spåren är få på denna plats, men likväl är de en viktig del av platsens historia och visar på en del av produktionen.

Vi har valt att i vårt arbete återknyta till historien, men även att låta fyto Remediering och sanerandet av platsen bli en del av den. Vi vill att man i vår gestaltning och

Diskussion och reflektion

eventuell framtida exploatering ska kunna avläsa spår både från 1800-tal, 1900-tal och 2000-tal. Vi har talat om att lyfta fram historiska spår för deras estetiska kvalitéer. Vi tror dock att det även är viktigt att minnas även historiens mindre tilltalande minnen. En del av verksamhetens historia är även de föroreningar och andra spår som vår mänskliga verksamhet lämnat kvar på området. I Hjorthagen skulle man stolt kunnat visa upp spår av den gröna och hållbara saneringen och låta den bli en del av Hjorthagens gröna identitet.

Med historien och framtiden i åtanke påbörjade vi utformningen av Succession, vårt förslag för ett långsiktigt saneringsarbete. Vår gestaltning utgår från raka linjer och vidsträckt fält. Det är tänkt att förenkla fyto Remedieringen som metod, då det ska vara enkelt och effektivt med skörd och kontroll av föroreningsupptag. De stora dragen bidrar även till den storskalighet och massverkan vi vill uppnå som en av upplevelseaspekterna i området. De stora dragen och strukturerna följer med i alla steg i gestaltningen, men detaljeras mer och mer.

En av de utmaningar vi som landskapsarkitekter stöter på är vid valet av växtmaterial. Eftersom landskapsarkitektur och fyto Remediering har en relativt ny relation med varandra, är växtpaletten som man kan använda sig av inte så bred. Då gestaltningen och växtmaterialet ska ta hänsyn till föroreningssituationen kan det resultera i en ensartad växtlighet. Utmaningen blir att trots detta skapa en intressant miljö. Vi har hanterat det begränsade växtmaterialet genom att arbeta med massverkan och i vårt förslag har rörelsen fått en stor betydelse. Ambitionen är att skapa ett upplevelsevärde i hur man rör sig genom (och över) platsen. Vi har arbetat med att skapa effekter med stora fält av samma art för att sedan lägga till detaljer som stråk av avbrytande växtmaterial och siktlinjer som lyfter fram objekt i området. Arbetet kring saneringen som inefattar skörd gör att området är under ständig

förändring. Processen bidrar till en succession av området, det förändras över tiden, vilket även det tillför en intressant aspekt. Upplagsplatsens förändring över tiden återknyter även det till historien, med skillnaden att det då var kolet som förändrade platsen från en tid till en annan.

Vår plan och en annan

Eftersom vi har arbetat med ett område där det redan finns planer för exploatering har vi haft möjligheten att jämföra vår plan mot den gällande. Vi har då kunnat konstatera att det inte är några drastiska skillnader mellan vårt tredje stadiet och den gällande planen. Vår plan visade sig i stort sett opåverkad av användandet av fyto Remediering. Det kan finnas fler anledningar till det. Det är möjligt att resultatet hade sett annorlunda ut om vi, såsom sig bör vid ett verkligt projekt, hade kunnat ha kontakt med andra yrkesgrupper och gemensamt arbetat fram ett sanerings- och gestaltningsförslag. I detta fall kanske vi hade haft mer information om föroreningarnas utbredning och koncentration så att fyto Remedieringen kunnat styra gestaltningen mer. Att användandet av fyto Remediering inte behöver ha en stor inverkan på stadsplanen kan dock ses som en fördel för metodens möjlighet till utbredning, då det ger en större gestaltningsfrihet.

Landskapsarkitekten och fyto Remedieringen

Till en början tycktes kopplingen mellan fyto Remediering och landskapsarkitekter vara svag. Men när vi väl hittade en tråd och började nysta i det blev kopplingarna starkare och starkare. Vi tog kontakt med landskapsarkitekter runtom i världen som arbetat med fyto Remediering. Genom landskapsarkitekten Pamela Brown, som 2005

skrev rapporten Phytoremediation: A New Avenue For Landscape Architecture, introducerades vi för professor Gerold O. Taylor vid California State Polytechnic University. Han ordnade så att vi kom i kontakt med några av hans studenter på landskapsarkitekturprogrammet. Genom mailkonversation med dessa studenter har vi fått en inblick i deras kunskap och tankar kring fyto Remediering. Vi har fått reda på att det finns speciella kurser om fyto Remediering för landskapsarkitekter och vi har även tagit del av studentprojekt som involverar fyto Remediering. Dessa arbeten och kontakter gör att förhoppningen finns att kopplingen i framtiden inte ska vara lika suddig, och att kopplingen mellan landskapsarkitektur och fyto Remediering ska bli skarpare med kommande generationer.

En annan landskapsarkitekt vi kom i kontakt med var Niall Kirkwood. Vi fick reda på att ämnet fyto Remediering och dess koppling till landskapsarkitektur ligger till grund för en av hans kommande böcker. Niall Kirkwood var även en av de flertal som bekräftade de tankar vi hade från arbetets start om att fyto Remediering kan innebära ett nytt ämnesområde för oss landskapsarkitekter. Vi anser nu mer än någonsin att landskapsarkitekter har en mycket stor betydelse i de sammanhang då fyto Remediering tillämpas. Vår utbildning ger oss en bred grund att stå på, vilket är fördelaktigt bland annat när det gäller att kommunicera och arbeta tillsammans med olika yrkesgrupper. Vi har även en fördel av vår vana att tänka långsiktigt då vi arbetar med ett levande växtmaterial som når sitt optimum först efter flera år.

Som landskapsarkitekt har man en rad verktyg att arbeta med vid gestaltning, som exempelvis olika analysmetoder och gestaltningsprinciper. Det vi har gjort i det här arbetet är att lägga till fyto Remediering som ytterligare en aspekt att ta hänsyn till, en aspekt som kan komma att styra gestaltningen och gestaltningsprocessen.

Att erkänna sina begränsningar...

Vi känner oss efter det här arbetet inte helt bekväma i att använda fyto Remediering som ett verktyg i gestaltungsprocessen. I ett verkligt projekt hade vi haft en annan möjlighet att pröva vår gestaltning mot sakkunniga. Nu har vi fått förlita oss på vår egen kunskap om fyto Remediering, och därmed haft en annan roll än den som vi kommit fram till att landskapsarkitekten bör ha i den här typen av projekt. En annan svårighet är att det inte genomförts tillräckligt med fyto Remedieringsprojekt i Sverige vilket gör det svårt att förutse hur lång tid som krävs för sanering av det här slaget. Det har därför varit svårt för oss som landskapsarkitekter att förutse om det här är en tillräckligt effektiv metod för att använda vid sanering i Sverige.

...men att fortsätta se möjligheterna!

Det vi dock kan säga är att det är en metod som definitivt bör provas och utvecklas mer, och då krävs det att människor som arbetar med långsiktig planering uppmärksammar att möjligheten finns och på så sätt bidrar till att öka efterfrågan för vidare fältförsök. Vi har kunskap som kan ge fyto Remediering som metod ytterligare styrkor och kan därmed bidra till att lyfta den gentemot andra mindre hållbara saneringsmetoder.

Vi har med det här arbetet uppnått vårt syfte genom att presentera ett tillvägagångssätt där vi arbetat med gestaltning i olika stadier. Vi har valt att i ett tidigt skede börja lägga en tydlig struktur för området. Det ser vi som en av metodens absoluta styrkor, möjligheten att utnyttja saneringsstadiet för att skapa fler funktioner och arbeta in strukturer och vanor. På det sättet kan man även börja etablera växtlighet långt innan området exploateras, och

därmed få en uppvuxen grönstruktur. Metoden är tidskrävande, men vi har visat hur det kan utnyttjas till något positivt. Vi har visat exempel på att skapa en tillfällig park i ett stadsnära läge istället för ett otillgängligt inhägnat område under saneringsstadiet. Vi har även visat på att landskapsarkitektens kunskap och tankesätt kan gynna projekt som den här.

Det vi har kommit fram till och det som vi hoppas att det här arbetet kommer förmedla till andra är att; i planeringen för det hållbara samhället bör fyto Remediering definitivt ingå som ett av landskapsarkitektens verktyg.



Slutligen

Vi har genom det här arbetet insett svårigheterna med att ge sig in på okänd mark. Vi gjorde tidigt klart att vi skulle avgränsa uppgiften genom att se på fyto Remediering från en landskapsarkitekts synvinkel och inte gå in på en djupare detaljeringsgrad vad gällde metoderna och de kemiska processerna. Det visade sig vara svårt att hålla sig till, vilket skapade en del osäkerhet och begränsade oss delvis i vårt gestaltande. Vi fördjupade oss i metoden och ägnade mycket tid till att läsa tung litteratur om fyto Remediering och forskning. Genombrottet kom till stor del när vi fick kontakt med Niall Kirkwood via mail. Genom kontakt med Kirkwood och andra arkitekter och landskapsarkitekter kunde vi till slut hitta tillbaka till vad vår egen roll i arbetet egentligen var. Det har i och med det blivit tydligt för oss att det inte är vi som landskapsarkitekter som ska vara experter på ämnet, men vi ska ha tillräckligt med förståelse för att i ett första steg ta oss an gestaltningen för att sedan pröva våra idéer mot annan expertis.

Vi hoppas att vårt arbete och de kontakter vi knutit kan bidra till att fyto Remedieringen kan ta ett litet steg närmare Sverige och landskapsarkitekterna. Vi är mycket stolta över att ha vågat ta oss an ett ämne som är så nytt som fyto Remediering, även utanför landskapsarkitektens roll, och haft stor nytta och glädje av att ha varit två om äventyret!

Referenser

Böcker

Ahlsell, A. (1897). *Stockholms belysningsverk*. Stockholm: E. W. Dahlgren.

Brooks, R. R. (red) (1998). *Plants that hyperaccumulate heavy metals : their role in phytoremediation, microbiology, archaeology, mineral exploration, and phytomining*. Wallingford : CAB International, cop.

Glass, D. (1999). *U.S. and International Markets for Phytoremediation, 1999-2000*. Needham, Massachusetts: D. Glass Associates, Inc.

Hultman, G. (1928). *Stockholms gasverk 1853 -1928, Minnesskrift*. Stockholm: Bröderna Lagerströms boktryckare.

Juhlin Dannfelt, B. (1972). *Stockholms gasverk, kolepoken är slut*. Stockholm: Victor Petterssons Bokindustri AB.

Kirkwood, N. (red) (2001). *Manufactured sites: rethinking the post-industrial landscape*. New York: E & FN Spon.

Konsthögskolans arkitekturskola (2006). *Gasverket i Värtan*. Årsprojekt vid Konsthögskolans Arkitekturskola, avd. för Restaureringskonst. Stockholm: Stockholmia förlag.

McCutcheon, S. & Schnoor, J. (2003). *Phytoremediation, transformation and control of contaminants*. Hoboken, New Jersey: John Wiley & sons, inc.

Nilsson, K. (1988). *Industri möter landskap: visuella aspekter på utformning och inplacering av industriella ingrepp i landskapet*. Alnarp: Sveriges lantbruksuniversitet.

Šašek, V., Glaser J., Baveye P. (2003). *The utilization of bioremediation to reduce soil contamination : problems and solutions*. Dordrecht: Kluwer Academic.

Suthersan, S. (2002). *Natural and enhanced remediation systems*. Boca Raton, Fla.: Lewis, cop.

Thompson, W. & Sorvig, K. (2007). *Sustainable Landscape Construction: A Guide to Green Building Outdoors*. Washington, DC, USA: Island Press.

Vangronsveld, J. & Cunningham, S. (red:er) (1998). *Metal-contaminated soils : in situ inactivation and phyto-restoration*. Berlin: Springer, cop.

Weilacher, U. (2008). *Syntax of landscape: the landscape architecture of Peter Latz and Partners*. Basel: Birkhäuser.

Wiley, N. (2007). *Phytoremediation: Methods and Reviews*. Totowa, NJ: Humana Press Inc.

Stockholms Gasverk (1903). *Stockholms belysning*. Stockholm: K.L. Beckmans boktryckeri.

Stockholms stadsmuseum (1981). *Industrimiljöer i Stockholm*. Stockholm: Stockholms stadsmuseum.

Tidskrifter

Dahlgren, K. (2001). *På den gamla industrimarken byggs de gröna utopierna. Men hur ekologiskt blir det egentligen? Samt Ett rent paradys*. Area Tidskrift om landskapsarkitektur, nr 3, s 8, 10-17.

Rapporter mm

Andersson, E., Henrysson, T., Allard, B., Greger, M., Mattiasson, B., Tysklind, M., Warfvinge, P. (2003a). *COLDREM: Soil remediation in a cold climate, syntes-rapport: allmän del*. Lund: COLDREM

Andersson, E., Henrysson, T., Allard, B., Greger, M., Mattiasson, B., Tysklind, M., Warfvinge, P. (2003b). *COLDREM : Soil remediation in a cold climate, synthesis report : scientific part*. Lund: COLDREM

Bonde, A., Hjorth, M., Giobbi E., Eduard, P. (2002). *Phytoremediering som en mulig løsning på jord-forureningsproblemer i Danmark*. Aarhus: Aarhus Universitet, Miljølære, Fysisk Institut.

Referenser

Brown, P. (2005). *Phytoremediation: A New Avenue for Landscape Architecture*.
Pomona, California State Polytechnic University.

Jakobsson, A. (2003). *Tungmetaller och PAH i ett efterbehandlingssystem för vägdragvatten i Gårda*.
Examensarbete vid institutionen för vatten och transport.
Göteborg: Chalmers tekniska högskola.

Lagerström, T. (2007). *Växterna och dynamiken*. Uppsala:
Institutionen för landskapsplanering, SLU.

Skou, J., Heron, T., Asp Fuglsang I., Riis C., Christensen, A. (2009). *Statusprojekt Teknologiudvikling inden for afværgeforanstaltninger over for jord- og grundvandsforureninger i Danmark*. Miljøprojekt Nr. 1261 2009 Teknologiudviklingsprogrammet for jord- og grundvandsforurening.
København: Miljøstyrelsen

Elektroniska dokument och webplatser

Amternes Videncenter for Jordforurening (2003). *En succesramt af sparekniven*.
Tillgänglig: <http://www.avjinfo.dk/filer/avjinfo/30/2003-3.pdf> [2010-07-14]

Andersson, Å. & Svensson, M. (2007). *Fytoremediering– Att rena mark och vatten med växter*.
Tillgänglig: http://www.renaremark.se/filarkiv/exjobb/Fytoremediering%20sa%20Andersson_Matilda%20Svensson.pdf [2010-04-07]

EPA United states enviromental protection agency (2000). *Introduction to Phytoremediation*.
Tillgänglig: <http://www.clu-in.org/techfocus/default.focus/sec/Phytotechnologies/cat/Overview/> [2010-04-11]

Fogelqvist, S. (2008). *Landvinning: scenarier för efterbehandling och gestaltning av Aitikgruvan, Gällivare*.
Tillgänglig: <http://ex-epsilon.slu.se:8080/archive/00002702/> [2010-06-09]

Honkonen, K. (2010). *Marksaneringsinfo*.
Tillgänglig: <http://www.marksaneringsinfo.net/> [2010-04-08]

Kirkwood, N. (2002). *Here Come the Hyperaccumulators! Cleaning Toxic Sites from the Roots Up*.
Tillgänglig: http://www.gsd.harvard.edu/research/publications/hdm/back/hdm_17ontechology.pdf. [2010-04-22]

Landschaftspark Duisburg-Nord (2010). *Landschaftspark Duisburg-Nord*.
Tillgänglig: <http://www.landschaftspark.de> [2010-07-14]

Miljömålsportalen (2010). *Om miljömålen*.
Tillgänglig: <http://www.miljomal.nu/Om-miljomalen/> [2010-04-08]

Miljömålsportalen (2009a). *Giftfri miljö*.
Tillgänglig: <http://www.miljomal.nu/4-Giftfri-miljo/> [2010-04-09]

Miljömålsportalen (2009b). *Delmål*.
Tillgänglig: <http://www.miljomal.nu/4-Giftfri-miljo/Delmal/> [2010-04-09]

Miljömålsportalen (2009c). *God bebyggd miljö*.
Tillgänglig: <http://www.miljomal.nu/15-God-bebyggd-miljo/> [2010-04-09]

Regeringskansliet (2010). *Miljö kvalitetsmålen*.
Tillgänglig: <http://www.sweden.gov.se/sb/d/2055> [2010-04-08]

Naturvårdsverket (2010a). *Lagar och andra styrmedel*.
Tillgänglig: (<http://www.naturvardsverket.se/sv/Lagar-och-andra-styrmedel/>) [2010-04-12]

Naturvårdsverket (2010b). *Miljöbalken*.
Tillgänglig: <http://www.naturvardsverket.se/sv/Lagar-och-andra-styrmedel/Lag-och-ratt/Miljobalken/> [2010-04-08]

Naturvårdsverket (2010c). *Vem betalar för efterbehandling*.
Tillgänglig: <http://www.naturvardsverket.se/sv/Verksamheter-med-miljopaverkan/Efterbehandling-av-fororenade-omraden/Vem-betalar-for-efterbehandling/> [2010-04-08]

Naturvårdsverket (2010d). *Förklaring av markanvändningstyper*.
Tillgänglig: <http://www.naturvardsverket.se/sv/Verksamheter-med-miljopaverkan/Efterbehandling-av-fororenade-omraden/Riskbedomning/Nya-generella-riktvarden-for-fororenad-mark/Forklaring-av-markanvandningstyper-KM-och-MKM/> [2010-07-13]

Naturvårdsverket (2009a). *Miljögifter*.
Tillgänglig: <http://www.naturvardsverket.se/sv/nv/Amne/Miljogifter/> [2010-04-08]

Naturvårdsverket (2009b). *Efterbehandling av förorenade områden*.
Tillgänglig: <http://www.naturvardsverket.se/sv/Verksamheter-med-miljopaverkan/Efterbehandling-av-fororenade-omraden/> [2010-04-08]

Naturvårdsverket (2009c). *Riktvärden för förorenad mark*.
Tillgänglig: <http://www.naturvardsverket.se/sv/Verksamheter-med-miljopaverkan/Efterbehandling-av-fororenade-omraden/> [2010-04-11]

Naturvårdsverket (2007). *Hållbar sanering, rapport 5663, bilaga A*.

Tillgänglig: <http://naturvardsverket.se/Documents/publikationer/620-5663-8Del2.pdf> [2010-06-09]

Naturvårdsverket (2002). *Lägesrapport årsskiftet 2001/2002 för arbetet med efterbehandling och sanering av förorenade områden*.

Tillgänglig: http://www.naturvardsverket.se/upload/07_verksamheter_med_miljopaverkan/efterbehandling/lagesrapport_2001.pdf [2010-04-11]

Naturvårdsverket & Boverket (2006). *Förorenade områden och fysisk planering : samarbetsprojekt mellan Naturvårdsverket och Boverket*.

Tillgänglig: <http://www.y.lst.se/download/18.49aebab41110298c34b80002756/Rapport+5608+F%C3%B6rorenade+omr%C3%A5den+och+fysisk+planering.pdf> [2010-06-09]

New York city department of parks and recreation (2010). *Freshkills Park*.

Tillgänglig: http://www.nycgovparks.org/sub_your_park/fresh_kills_park/html/fresh_kills_park.html [2010-07-30]

Stockholms stad (2010). *Vision Norra Djurgårdsstaden 2030*.

Tillgänglig: <http://www.stockholmbusinessregion.se/upload/Norra%20Djurgardsstaden.pdf> [2010-09-21]

Stockholms stadsbyggnadskontor (2009). *Fördjupat program för Hjorthagen, 3:e upplagan*.

Tillgänglig: <http://www.calameo.com/books/00019176262f39aa768ab> [2010-09-21]

UNEP (2010). *Phytoremediation: An Environmentally Sound Technology for Pollution Prevention, Control and Remediation*.

Tillgänglig: <http://www.unep.or.jp/letc/Publications/Freshwater/FMS2/index.asp> [2010-04-12]

Vendena, V. (2010) *Phytoremediation, Ralph J. Bunche Academy*.

Tillgänglig: http://www.mediafire.com/file/ynwwwow2w-myid/phyto_bunche_2010_reduce2.pdf [2010-07-14]

Washington State Department of Ecology (2005). *First Five - Year Review Report Gas Works Park Site*.

Tillgänglig: <http://www.ecy.wa.gov/programs/tcp/sites/gaswkspk/Five%20Year%20Review.pdf> [2010-07-14]

Personlig kontakt

Greger, M. Docent, forskare vid Botaniska institutionen, Stockholms universitet. Personlig kontakt. (2010-02-23), (2010-03-04), (2010-03-24).

Kirkwood, N. Professor vid Department of Landscape Architecture, Graduate School of Design Harvard University. Mailkontakt. (2010-05-03)

Föreläsning

Jonsson, E. Golder associates. *Omställning av förorenade områden- projektexempel och konsultrollen*. (2009-09-28)

Foton

Stockholms stadsarkiv, *Stockholms gasverk i Hjorthagen*.

Upphov: okänd

Fotonummer Fa 50323 ; Fotonummer Posd 234

Stockholms stadsarkiv, *Hamnen vid Värtagasverket*.

Upphov: Ankert, Gustaf.

Fotonummer Posf 1014 ; Fotonummer Fa 50348

Stockholms stadsarkiv, karta ur skriften *Stockholms belysningsverk*.

Upphov: Ahlsell, Adolf (1844-1916).

Utgiven av: E. W. Dahlgren.

Där inget annat anges är foton och illustrationer av Mia Falk och Johanna Ronnheden 2010.

Kartor

Illustrationsplan sid 46 tillhandahållen av Andersson Jönsson. Den plan som publiceras i det här arbetet är inte slutgiltig och kan komma att bearbetas och modifieras.

BILAGETT

V ä x t l i s t a

Följande lista redovisar några av de arter som är vanligt förekommande vid fyto Remediering. Dessa arter har nämnts i ett flertal av de referenser vi har gått igenom. De som redovisas nedan finns omnämnda i McCutcheon & Schnoor 2003, Andersson m.fl 2003, Vibeke Vendena 2010 eller i Pamela Brown 2005.

Träd och buskar

Betula pendula, vartbjörk
Populus sp., popplar
Populus tremula, asp
Salix sp., pil

Ämnen

PAH
Tungmetaller, PAH
Bly
Tungmetaller, PAH

Metod

Fytodegradering
Fytoextraktion
Fytoextraktion
Fytoextraktion

Anueller

Ambrosia artemisiifolia, malörtsambrosia
Atriplex hortensis, trädgårdsmålla
Brassica oleracea, prydnadskål
Brassica rapa, åkerkål
Helianthus annuus, solros
Pisum sativum, ärt
Thlaspi rotundifolium, rosettskärfrö
Trifolium subterraneum, subklöver
Zea mays, majs

Bly
PAH
Bly
Kadmium, zink
Tungmetaller, PAH
Fenoler
Bly
PAH
Tungmetaller

Fytoextraktion
Metabolism
Fytoextraktion
Ackumulering
Fytoextraktion
Rhizodegradering
Fytoextraktion
Fytodegradering
Fytoextraktion

Perenner

Achillea millefolium, röllika
Armeria maritima, trift
Brassica juncea, sareptasenap
Brassica napus ssp. Napus, raps
Carex rostrata, flaskstarr
Festuca ovina, fårsvingel
Festuca rubra, rödsvingel
Hordeum vulgare, korn
Humulus lupulus, humle
Lupinus, lupin
Medicago sativa, lusern (alfalfa)
Panicum virgatum, jungfruhirs
Schizachyrium scoparium, prärie gräs
Taraxacum officinale, maskros
Urtica dioica, nässla
Viola sp., viol

Kadmium
Bly
Bly, arsenik, nickel
Bly, arsenik, nickel
Tungmetaller
Bly
PAH
Tungmetaller, PAH
Tungmetaller, PAH
PAH
PAH, fenoler, aromater
PAH
PAH
Tungmetaller, PAH
Tungmetaller, PAH
Tungmetaller

Ackumulering
Fytoextraktion
Fytoextraktion, Rhizofiltrering
Fytoextraktion
Rhizofiltrering
Fytoextraktion
Rhizodegradering
Fytoextraktion
Fytoextraktion
Fytodegradering
Rhizodegradering, fytodegradering
Fytodegradering
Fytodegradering
Fytoextraktion
Fytoextraktion
Fytoextraktion